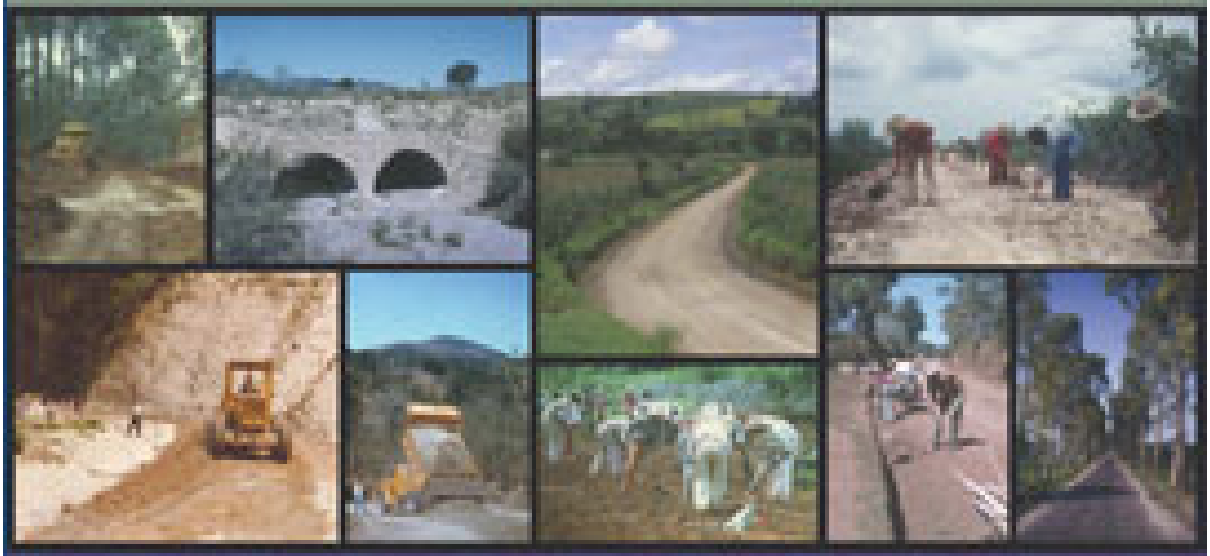
Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO



Ing. Raúl Salas Rico

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS **CAMINOS RURALES** Y **ALIMENTADORES** EN MÉXICO

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS **CAMINOS RURALES** Y **ALIMENTADORES** EN MÉXICO

ING. RAÚL SALAS RICO

AMIVTAC®

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C.

Asociación Mexicana
de Ingeniería de Vías
Terrestres, A. C.

© ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES, A. C.
Camino a Santa Teresa núm. 187
Col. Parque del Pedregal
México, D. F. C. P. 14010

ISBN 978-607-9191-04-7

La información y conclusiones vertidas en este texto expresan exclusivamente la opinión de los autores. La Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C. no se hace responsable del contenido de esta publicación.

Impreso en México / Printed in Mexico

COMITÉ DE LIBROS DE LA AMIVTAC

La Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C., AMIVTAC, con el deseo de difundir los conocimientos generados y realizados por la ingeniería mexicana de vías terrestres y los adelantos en la última década, se dio a la tarea de integrar un "Comité de Libros", que impulsara a sus asociados a escribir y transmitir tales conocimientos, dando por resultado el presente ejemplar.

Se desea que este impulso siga dando frutos y que se divulgue de esta manera la ingeniería mexicana de Vías Terrestres. Este comité está integrado por los siguientes ingenieros:

Coordinador del comité — Ing. Aarón A. Aburto Aguilar

Miembros
Ing. A. Mauricio Elizondo Ramírez
Ing. Víctor A. Sotelo Cornejo
Ing. Salvador Fernández Ayala
Ing. Manuel Zárate Aquino
M.I. Óscar E. Martínez Jurado
Dr. Rafael Morales y Monroy
Ing. Miguel Trujillo Perrusquia

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C.

PRESENTACIÓN

La AMIVTAC es una asociación que se preocupa por el desarrollo de las tecnologías y requerimientos en la Ingeniería Civil en la rama de la Vías Terrestres, para mantenerse a la vanguardia, brindar apoyo a los técnicos y especialistas con el fin de no rezagarse en los avances y descubrimientos en la materia.

En esta ocasión en especial nos toca ser la instancia copartícipe en el XXIV Congreso Mundial de Carreteras, a celebrarse en nuestro país. Un evento de suma importancia en el que se pretende unir a México con el mundo entero, impulsar su economía y conocer los últimos avances en la ingeniería de vías terrestres. La difusión de conocimientos técnicos y experiencias con el fin de analizarlos y debatirlos, da relevancia a este esfuerzo editorial que complementa nuestras acciones en torno a la publicación de estos libros.

Al publicar *Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México*, dejamos constancia de la experiencia acumulada en los últimos 40 años, de aquel naciente Programa de Caminos de Mano de Obra en la década de 1970, hasta nuestros días, con lo que se plasma que la actividad de la ingeniería civil siempre ha mantenido un amplio sentido social.

Dentro de la red carretera, los caminos rurales y alimentadores constituyen un activo de gran importancia regional y local, ya que a través de ellos es posible la comunicación permanente entre los centros de población y producción en el medio rural, el acceso de amplios grupos de población marginada, a la salud, educación y otros satisfactores básicos para mejorar su calidad de vida, así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo en general.

Debido a lo anterior, es la importancia de mantener en buen estado dichos caminos y continuar la ampliación de esta red.

Es obligado recordar que la publicación aquí impresa, está cargada de experiencia y de buena voluntad del autor al propiciar la transmisión de conocimientos, que deben continuarse en acciones aplicadas con ética, inteligencia y generosidad. Ése es, aquí y ahora, el verdadero desafío para nosotros donde demostramos de manera fehaciente, dejando plasmado en estas ediciones conmemorativas, el éxito que es palpable para la AMIVTAC,

dado que cumplimos con el objetivo primordial de coadyuvar en la capacitación de los ingenieros involucrados en el desarrollo de la infraestructura de vías terrestres que demanda la sociedad.

Agradecemos ampliamente al autor y a los miembros del Comité de libros de la AMIVTAC por su constante labor de revisión.

Ing. Clemente Poon Hung
Presidente de la XIX Mesa Directiva de AMIVTAC

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 7

INTRODUCCIÓN. 13

CAPÍTULO I. Crónica 15

I.1. Introducción 17
I.2. Los mayas y los aztecas constructores 18
I.3. Los caminos hechos a mano antes de la Colonia 19
I.4. Los caminos durante la Colonia. 20
I.5. Los caminos a partir de la Independencia de México 24
I.6. Los caminos a partir de la Revolución mexicana 26
I.7. Caminos rurales 1967 – 1977 30
I.8. Caminos rurales 1978 – 1987 31
I.9. Caminos rurales 1988 – 1997 32
I.10. Caminos rurales 1998 – 2007 33

Bibliografía 34

CAPÍTULO II. Evaluación. 35

II.1. Aspectos demográficos de México 1967 – 2007 37
II.2. Indicadores relevantes de la pobreza en México 2004 38
II.3. Evaluación de proyectos 40
II.4. Evaluación socioeconómica y técnica del programa de caminos de mano de obra 1976. 43
II.5. Evaluación económica de caminos rurales en Guatemala 1978 47
II.6. Evaluación de la promoción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra 1983 47
II.7. Evaluación de la normativa técnica para la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra 1990 49
II.8. Impacto socioeconómico de los caminos rurales 1972 – 1992. 50
II.9. Evaluación del Programa de Empleo de Emergencia 1995 53
II.10. Evaluación interna del Programa de Empleo Temporal 2000 53
II.11. Evaluación externa del Programa de Empleo Temporal 2000 – 2007 54
II.12. Estado físico de la red de caminos rurales 1995 – 2007 58
II.13. Impacto del estado físico de los caminos rurales en los costos de operación vehicular 59

Bibliografía 60

CAPÍTULO III. Promoción 61

III.1. Introducción 63
III.2. Generalidades 63
III.3. Características de la promoción 64
III.4. Asambleas o reuniones populares 71
III.5. Acta constitutiva del comité pro camino 80
III.6. Convenio "Dependencia Ejecutora" y "El Comité" 80
III.7. Aspectos históricos de la organización comunitaria 80

Bibliografía 86

CAPÍTULO IV. Proyecto 87

IV.1. Evolución de la red de carreteras en 1970 89
IV.2. Tipos de caminos en vigor hasta 1970 90
IV.3. Tipos de caminos en vigor a partir de 1971 90
IV.4. Proyecto de caminos 91
IV.5. Proyecto de puentes 99
IV.6. Soluciones prácticas 103

Bibliografía 106

CAPÍTULO V. La variable ambiental 107

V.1. Introducción 109
V.2. Normativa legal y técnica para la variable ambiental en proyectos carreteros 109
V.3. Factores que intervienen en el deterioro del medio 111
V.4. Impacto de los caminos rurales en el medio ambiente 112
V.5. Tratamiento de la variable ambiental en caminos rurales 113
V.6. Especificaciones técnicas ambientales generales y particulares. 115
V.7. Especificaciones ambientales generales para caminos rurales 117

Bibliografía 118

CAPÍTULO VI. Construcción 119

VI.1. Normativa 121
VI.2. Mejoramiento de brechas 122
VI.3. Procedimiento constructivo de caminos rurales con el uso intensivo de mano de obra 125
VI.4. Procedimiento de construcción de terracerías con uso intensivo de mano de obra 126
VI.5. Procedimiento constructivo de obras de drenaje de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra 128
VI.6. Procedimiento para el revestimiento de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra 133
VI.7. Criterios para la construcción de terracerías y revestimiento de caminos rurales sin compactar 134

Bibliografía 134

CAPÍTULO VII. Obras de piedra 135

VII.1. Generalidades 137
VII.2. Bancos de materiales 139
VII.3. Procedimientos constructivos con el uso de piedra 141
VII.4. Construcción de alcantarillas y puentes de arco 145
VII.5. Empedrado de la superficie de rodamiento 147
Bibliografía 150

CAPÍTULO VIII. Herramientas y equipo 151

VIII.1. Generalidades 153
VIII.2. Adquisición y control de las herramientas de mano 154
VIII.3. Características de las herramientas y equipos especiales 155
VIII.4. Ejemplos de herramientas de mano y equipos especiales 156
Bibliografía 166

CAPÍTULO IX. Calidad 167

IX.1. Introducción 169
IX.2. Normativa para la calidad en los caminos rurales. 169
IX.3. Problemas más comunes en la realización de caminos rurales 171
IX.4. Tramos de prueba 176
Bibliografía 184

CAPÍTULO X. Tecnología 185

X.1. Generalidades 187
X.2. Desarrollo tecnológico 189
X.3. Tecnología intermedia en caminos rurales 190
X.4. Ejemplos de tecnología apropiada en caminos rurales 192
Bibliografía 212

CAPÍTULO XI. Conservación 213

XI.1. Introducción 215
XI.2. Agentes destructores de los caminos 216
XI.3. Clasificación de la conservación 217
XI.4. Objetivos. 218
XI.5. Requerimientos de conservación 218
XI.6. Programación. 221
XI.7. Tecnología aplicada 222
XI.8. Organización de los trabajos 223
Bibliografía 228

CAPÍTULO XII. Supervisión 229

XII.1. Introducción 231
XII.2. Normativa 232
XII.3. Índices para la supervisión y evaluación 233
XII.4. Informes tradicionales 236
XII.5. Lineamientos para calificar el estado físico de la construcción y conservación de caminos y puentes rurales 238
XII.6. Elección de centros foráneos de trabajo por supervisar. 244
XII.7. Control de calidad 248

Bibliografía 248

Fortalezas y debilidades 249

Agradecimientos 253

Directorio AMIVTAC 255

INTRODUCCIÓN

En la elaboración de *Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México*, el autor ha efectuado una amplia investigación acerca de la evolución de las carreteras en México, especialmente en el renglón de los caminos rurales con uso intensivo de mano de obra.

Son tres hechos los que han llevado al autor a narrar los aspectos de evaluación, promoción, proyecto, construcción, conservación y supervisión de caminos rurales. El primero es de índole técnica y se refiere a que en el año 1967 se institucionalizó en nuestro país la realización de caminos rurales, utilizando los recursos más abundantes en la zona de ubicación de los mismos.

El segundo acontecimiento ocurrió a principio de la década de 1970 —trascendental desde el punto de vista social. El desempleo y subempleo en el medio rural había llegado a su punto culminante, situación que empujó a algunos habitantes a invadir terrenos dedicados a la cría de toros bravos en Tlaxcala. Las autoridades gubernamentales afrontaron el problema diseñando un programa que tenía como propósito fundamental brindar empleo.

El tercer acontecimiento relevante también es de índole social. Los habitantes de la sierra del estado de Guerrero iniciaron —a mediados del 1972— una marcha hacia la capital de la República en busca de ayuda para solucionar su apremiante situación. Al llegar a la carretera federal, cerca de Chilpancingo, el secretario de Obras Públicas en funciones, giró instrucciones al personal de la Dirección General de Caminos de Mano de Obra para que ofreciera a los marchistas un empleo en la construcción de infraestructura. Los interesados aceptaron la oferta y se detuvo la marcha. Al día siguiente, 800 guerrerenses laboraban como jornaleros en los caminos de mano de obra.

La Dirección General de Caminos de Mano de Obra había sido integrada en el mes de febrero de 1972, designando al Ing. Gustavo Welsh Castillo como director general, al Ing. César González Viejo como jefe del Departamento de Construcción, al Ing. Alfredo Villa Herrejón como jefe del Departamento de Estudios y al Ing. Mariano Carreón Girón al frente del Departamento de Promoción.

Aún no terminaba su integración, cuando a mediados de ese año el área de Planeación recibió la noticia de que el presupuesto se duplicaba. Entre otras consecuencias, la capacidad técnica de los centros de trabajo foráneos tuvo que ser reforzada, y la capacitación se volvió una actividad cotidiana en todos los niveles, dando atención prioritaria a la formación de personal.

El programa de construcción de caminos con el uso intensivo de mano de obra —primordialmente campesina— atrajo la atención de otras dependencias y entidades del país e internacionales. Fue un producto de exportación. Llegaron numerosos grupos de profesionistas extranjeros para conocerlo y funcionarios mexicanos acudieron a foros internacionales para exponer los logros del mismo. La publicidad dada al programa de caminos suscitó posiciones a favor y en contra.

Por ello, el autor en el segundo capítulo aborda lo relacionado con la evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos del programa en las últimas cuatro décadas.

La disposición de los habitantes del medio rural no se dio por decreto sino que fue producto de una labor de promoción, básica para concientizar a los vecinos de las comunidades rurales para que participaran en la construcción de ese tipo de caminos, bajo las condiciones que la dependencia a cargo de los mismos consideró como más convenientes. Sin la promoción no se hubiera conseguido la participación de miles de poblados del medio rural y por lo tanto no se hubieran obtenido los logros en cuanto a longitud realizada y a empleos generados.

En lo que respecta al proyecto de caminos y puentes rurales, se exponen los criterios para el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos de mano de obra, dando a conocer algunas herramientas y equipos especiales utilizados en la realización de los trabajos. Por separado se expone lo relativo a la variable ambiental en el proyecto de caminos rurales.

La construcción de caminos con el uso intensivo de mano de obra no fue un problema técnico, ya que el personal que integró las residencias de construcción provenía —en su mayoría— de las Juntas Locales de Caminos y, por lo tanto, tenía experiencia en la realización de proyectos carreteros.

No obstante, si bien la normativa para la infraestructura del transporte señala que las normas son aplicables para autopistas, carreteras pavimentadas libres de peaje y caminos rurales, el autor explica los criterios y procedimientos para la realización de caminos alimentadores que utilicen —como insumo prioritario— la mano de obra asentada en las comunidades a lo largo de su trazo y en su área de influencia.

Por separado dedica un capítulo a las obras construidas con un elemento abundante en algunas zonas del país: la piedra. Incluyó igualmente criterios y métodos reportados por el personal técnico, a fin de darlos a conocer a las nuevas generaciones de técnicos e ingenieros.

Se aclara que las unidades de medida de actividades y conceptos consideradas en el libro, corresponden al sistema métrico decimal y no al actual sistema general de unidades de México, único legal y de uso obligatorio en el país.

Un aspecto trascendental despertó la creatividad de los encargados de la ejecución de las obras: la tecnología. A lo largo de los años se tuvieron que solucionar, por ejemplo, problemas de estabilización de cortes y terraplenes así como de calidad de los materiales utilizados para el revestimiento de las terracerías.

Con la plena colaboración de las áreas encargadas de certificar la calidad requerida por las obras a cargo de la Secretaría de Obras Públicas —antecesora de la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes— se pusieron tramos de prueba, observando sus resultados y dándolos a conocer en forma general.

La importancia de la conservación de este tipo de caminos resaltó desde su concepción, pues sus especificaciones modestas los exponen más que a otros a la acción destructora de los elementos naturales y del tránsito usuario. Por ello, en el capítulo de Conservación se destacan los factores más importantes que hay que considerar para atenderla.

En el apartado de Supervisión se dan a conocer los métodos utilizados por el personal que efectuó esta función, mediante el procedimiento tradicional de visitar centros de trabajo foráneos y reportar avances y observaciones en informes no sistematizados.

Finalmente se presentan en forma resumida, las fortalezas y debilidades de la tecnología que utiliza en forma prioritaria los recursos más abundantes de la región donde se ubique el camino.

CAPÍTULO I. *Crónica*

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO I. ***Crónica***

Este capítulo de la historia de caminos rurales en México incluye una remembranza del desarrollo de rutas camineras en el mundo y en especial en las civilizaciones maya y azteca. Se rememoran los caminos construidos a mano antes y durante la etapa de colonización del país, así como el desarrollo de los caminos a partir de la Independencia de México. En cuanto a los caminos rurales específicamente, se hace un compendio de los acontecimientos relevantes en la materia a partir de 1967.

I.1 **INTRODUCCIÓN**

El transporte constituye un fenómeno ligado a la evolución del ser humano. La extensa movilización de los grupos en el pasado remoto de la humanidad, su tránsito por los continentes —especialmente por las regiones fértiles— representa la primera era del transporte.

Al evolucionar la cultura agrícola y generalizarse el establecimiento de centros de población con modos de vida sedentarios, se inicia y desarrolla el transporte para satisfacer las necesidades de intercambio de bienes y el desplazamiento de personas.

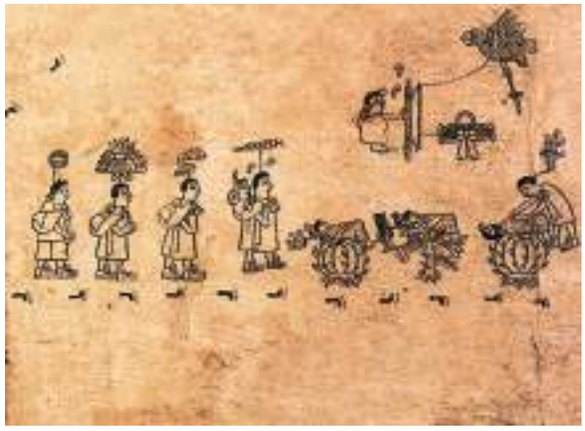
El hombre fue venciendo en forma paulatina los obstáculos físicos y técnicos y aumentó de esa manera la capacidad de carga y la velocidad de sus vehículos.

Después, el hombre utilizó animales para transportar mercancías y despuntaron las rutas de las caravanas y así se originaron caminos para el comercio, que posteriormente se adaptaron a las carretas con las mejoras que les impusieron, primero aquellos originalmente pesados vehículos que dieron pie para —con el tiempo— desembocar en los antiguos caminos acondicionados para el paso ya no de carretas pesadas, sino de ligeros vehículos de pasajeros tirados por numerosos caballos.

Según la información confiable que proporciona la historia, los primeros grandes caminos los construyeron los persas.

Roma —con sus legiones— conquistó el mundo, pero no hubiera podido nunca sostener su dominio y gobernar, además de edificar su enorme imperio, sin las vías que la hicieron famosa.

A la caída del Imperio romano ante los bárbaros, aquella magnífica red de caminos fue desapareciendo y durante 13 siglos no hubo una nación equiva-



lente —en fuerza y poderío— capaz o interesada en crear o mantener vías en buenas condiciones.

Napoleón, sin embargo, comprendió la importancia de los caminos. Como guerrero necesitó que sus tropas pudieran moverse con facilidad, arrastrando sus cañones, por lo que mejoró los caminos de Europa.

Resumir la historia de los caminos de México es hacer lo mismo con los caminos del continente americano.

En el continente americano, la maravillosa expansión del imperio inca, sólo pudo lograrse y mantenerse a base de caminos, entonces veredas para el hombre. Solamente así es comprensible que en 100 años se desplegara la dominación inca desde el norte del actual Ecuador hasta la parte central de Chile, en una extensión tan grande que llegó hasta Bolivia.

A la fecha subsisten ejemplos de los "caminos incas", como el que va de Cuzco a Macchu Pichu.

I.2 **LOS MAYAS Y LOS AZTECAS CONSTRUCTORES**

El desarrollo del transporte en nuestro país se caracteriza por su diversidad y compleja vinculación con el medio geográfico y la cultura de grupos y regiones.

Antes de la llegada de los españoles, los indígenas llegaron a contar con admirables y bien organizados sistemas de comunicación que abarcaban prácticamente toda Mesoamérica. Como no conocían la rueda no se utilizaban bestias de carga, existiendo únicamente veredas.

Las comunicaciones funcionaban con gran rapidez y eficiencia, a pesar de no existir una red de caminos sistemáticamente planeada.

De esa época son las largas cadenas de hombres en movimiento rápido entre eslabón y eslabón.

Los bultos eran llevados por columnas de cargadores a través de extenuantes montañas, sofocantes selvas tropicales y puentes colgantes que cruzaban rápidos torrentes.

La carga era amarrada a unos armazones en forma de escalera llamados "cacaxtle".

En materia de construcción de vías para caminantes sobresalieron los mayas y los aztecas, y aún perduran vestigios de incalculable valor en algunas partes del país, tales como el camino empedrado de los mayas llamado *sacbé* o camino blanco, en las inmediaciones de Izamal, Yucatán, y la calzada México-Tacuba, en la que —según cuentan las crónicas— existían puentes levadizos en los cruces con los canales.

La etimología de *sacbé* —en plural *sacbeoob*— que significa en maya "camino artificial"; de *sac*, algo hecho artificialmente o a mano, y *bé*, camino, se adjudica al investigador Silvanus G. Morley.

La península de Yucatán fue asiento de una de las más importantes civilizaciones indígenas de Mesoamérica, la maya. En el aspecto cultural, los mayas superaron a todos los grupos étnicos mesoamericanos, como coinciden en señalarlo las más destacadas autoridades antropológicas en el mundo. Fueron maestros en las matemáticas, en la ingeniería, en la arquitectura, en la astronomía, en la medicina y en muchas otras disciplinas del ser humano.

El pueblo maya no usaba bestias de carga ni vehículos de rueda. Los grandes caminos que construyeron eran los medios —según el eminente antropólogo J. Eric S. Thompson— para efectuar las grandes procesiones.

En su libro *Grandeza y decadencia de los mayas* afirma que "la mejor de estas obras conocidas hasta hoy en esta parte del continente es la que comunica la

ciudad de Cobá, en Quintana Roo, con el pequeño sitio llamado Yaxuná, a unos cuantos kilómetros de Chichén Itzá".

"El camino tenía una longitud de cien kilómetros y su anchura era —en general—, de unos 5.0 metros. Para poder seguir el suelo irregular —en línea recta— se apoyaba sobre una base de piedras, cubierta de una capa de guijarros calcáreos. El pedraplén variaba de 0.50 metros a 2.50 metros de espesor; se aplanaban mediante cilindros de piedra de 4.0 metros de largo, con un peso de cinco toneladas".

"En la mayor parte de su extensión, el pedraplén tenía algo más de 60 centímetros de altura, que aumentaba al cruzar las depresiones pantanosas, y en un subtramo llegó hasta cerca de 2.5 metros".

"La construcción de estos medios de comunicación requería gran cantidad de trabajo y no pocos conocimientos de ingeniería. En las secciones de pantanos, los ingenieros hubieron de asegurarse de que los cimientos fueran profundos y seguros, puesto que no hay desviaciones que rodeen los pantanos. La falta de testimonios que muestren sumersiones indica que supieron resolver este problema. El trazo de las rutas debe haber ofrecido problemas también".

El Imperio azteca contaba así mismo con vías de comunicación que satisfacían sus necesidades. Lo que hoy es la ciudad de México, era una zona lacustre comunicada a tierra por varias calzadas; pero eran pocas junto a la amplísima red de caminos de cientos de kilómetros que servían para el paso de guerreros, mensajeros y mercaderes, red indispensable para mantener el control de su extensísimo dominio.

I.3 **LOS CAMINOS HECHOS A MANO ANTES DE LA COLONIA**

Los caminos hechos a mano, trabajo en el que sobresalieron los pobladores del antiguo Anáhuac, han sido asombro de propios y extraños, ya que las rutas fueron trazadas con pleno conocimiento de las necesidades socioeconómicas del imperio azteca y concebidos para la expansión de su poderío, y la introducción de productos del exterior de los que se carecía en el altiplano.

El imperio era tan vasto y las tribus sometidas tan dadas a la rebelión —para liberarse no sólo de la esclavitud, sino de la condición terrible de ser carne propicia para los sacrificios en tributo a Huitzilopochtli—, que los poderosos visualizaron la necesidad de establecer vías de comunicación para el traslado de los guerreros.

Cuando el imperio azteca logró consolidarse, la gran Tenochtitlan estaba ligada por largos caminos o veredas para el tránsito interminable de los pochtecas, que "a lomo de hombre" cumplían la doble misión de comerciantes y espías; aparte viajaban los estafetas, que en rápida carrera de Veracruz al altiplano proveían de pescado fresco a los grandes señores aztecas.

Era tal la preocupación de los gobernantes de que estos senderos estuvieran expeditos y apropiados para el tránsito de los pochtecas, que cuando subió al poder Moctezuma Xocoyotzin fue saludado con un elocuente discurso de Nezahualpilli:

"Guárdate de la ociosidad, pues has de estar siempre metido y ocupado en el oficio real en que te han puesto, viendo que toda la redondez del mundo pende de tu gobierno y aun te digo que has de tener cuenta y saber si los caminos están limpios".

Narran los cronistas que en estos senderos abiertos en lo áspero de las montañas o en lo intrincado de los bosques, los indígenas habían establecido "de trecho en trecho, con intervalos de seis leguas, unas a manera de torrecillas de adobe", lugares a propósito para que los estafetas descansaran de su carrera después de haber entregado a los relevos la preciada carga que constituía la delicia en la mesa del señor de Tenochtitlan.

Por desgracia para el pueblo azteca, el viejo camino a la costa del Golfo sirvió también de paso para el conquistador, pues Hernán Cortés tomó la ruta por entre los dos volcanes —el Popocatepetl y el Iztaccihuatl— para penetrar como un ariete en la capital del poderoso imperio.

Estos senderos habían sido realizados por los macehuales. Sobre éstos y también sobre los vencidos caía la realización de los trabajos bajo la mirada severa de los calpixes.

Los macehuales eran gente de la clase baja, que no pertenecía a la clase guerrera, por lo que eran utilizados en menesteres forzosos y a los que por estar dedicados al comercio a largas distancias transportando a lomo de hombre mercaderías de las que dependía la alimentación, poéticamente se les denominó como "las alas y las plumas, pies y manos de las ciudades". Una subclase de los macehuales eran los tamemes o correos.

El cronista fray Diego Durán, al referirse a los calpixes o calpixques dice que "tenían cargo de repartir los oficios y obras públicas, de abrir caminos, de limpiar las calles y acequias y de proveer las cosas necesarias a la República".

> La organización para el trabajo de construcción de los caminos era tal, que para asombro del cronista Durán se desarrollaba a toda prisa, y los indígenas ponían en ello todo su empeño, pues "con qué orden acuden y con qué cuenta, para que el que fue esta semana no vaya la otra, sino que ande la rueda con tal concierto y orden que ninguno se sienta agraviado".

La construcción de esos caminos era de carácter tributario, que se aplicaba a los vencidos, sobre todo los del pueblo bajo, que no tenían otra cosa qué ofrecer más que el producto salido de sus manos.

Los viejos senderos o brechas indígenas se construyeron, pues, "a costa del sudor de los forasteros, sin premio alguno".

A pesar de sus deficiencias, los caminos existentes antes de la Conquista satisfacían las necesidades de entonces y se veían constantemente recorridos por caravanas de mercaderes, mensajeros de guerra y por topiles o esclavos cargadores, encargados de abastecer las despensas de la nobleza azteca.

I.4 **LOS CAMINOS DURANTE LA COLONIA**

Cuando llegaron los españoles a México, el territorio era un imperio de caminantes que se comunicaban a través de miles de kilómetros de senderos —angostos, empinados, largos—, sin más señalización que la posibilidad de que una persona pudiera transitar por ellos, buscando la distancia más corta.

Con los invasores llegaron los caballos, los palanquines y los carros tirados por mulas y corceles.

Muchos de los senderos prehispánicos fueron utilizados para comunicar a la Nueva España, modificando sus características físicas. Se alteraron las rutas: la pendiente se hizo más suave en algunos casos y la huella más amplia. De acuerdo con las necesidades económicas de la época, se construyeron nuevos caminos, se abrieron las rutas a las minas y a la colonización de los desiertos del norte.

Cuenta la historia que a la caída del Imperio azteca, en agosto de 1521, la primera disposición del conquistador incorpora a Cuauhtémoc en la tarea de la obra pública.

> "La primera cosa que mandó Cortés a Guatemuz fue que adobasen los caños del agua de Chapultepec, según y de la manera que solían estar antes de la guerra . e que luego con mucha diligencia limpiasen todas las calles de Méjico . é que todas las calzadas y puentes que las tornasen tan bien aderezadas como de antes estaban".
>
> *Bernal Díaz del Castillo*

La construcción del primer camino en México fue la calzada México–Xochimilco, según lo establece Francisco González de Cosío, en la *Historia de las obras públicas en México*, cuando los habitantes de este poblado —pensando que la suerte que sufrían los de Azcapotzalco y Coyoacán, pudiera ser la suya, al ser víctimas de los mexicas— creyeron encontrar en

la guerra el remedio a sus temores, lo que movilizó su ánimo en tal sentido.

A la postre resultaron vencidos, y se les impuso como tributo "dar piedra pesada y liviana, edificar las casas de los vencedores y construir esta calzada de tres brazas de ancho".

De esa manera no sólo atendieron la construcción de caminos, sino que además se preocuparon de su conservación, para lo cual los monarcas y caciques emitían las disposiciones sobre la época y manera de reparar los caminos, lo que se efectuaba con los prisioneros al finalizar la temporada de lluvias. Durante

el año, el resto de los habitantes también cooperaba en su manutención, a excepción de los guerreros, los magistrados y otros altos dignatarios.

En 1522, Hernán Cortés encomendó a Álvaro López la apertura del "trayecto de oro" México–Veracruz, vía que llegaría a ser, durante los albores de la Colonia, la más importante, y a la cual, en 1803, Humboldt llamaría el "camino a Europa", y en el que muchos años después de iniciada su construcción se realizó un experimento que habría de convertirse en uno de los pasos más trascendentales en los sistemas de transportación del territorio recientemente conquistado: la introducción de la carreta.

Esa vía fue transformada en camino carretero por fray Sebastián de Aparicio, que introdujo las primeras carretas que conoció el Nuevo Mundo. Posteriormente se encargó de acondicionar para el tránsito de las mismas el camino de México al Real de Minas de Santa María de Zacatecas, acciones que hicieron que se le denominara como el "primer caminero" de la Nueva España.

En 1532 se descubrieron las primeras minas y debido a su auge se abrieron y colonizaron nuevas regiones, y se tuvo que integrar una red vial con el propósito de extraer y transportar la producción de las minas. Por este motivo se les denominó "caminos de la plata".

Como consecuencia colateral surgieron la agricultura, la ganadería, ciertas manufacturas y el comercio, necesarios para sostener los centros mineros.

Así, conforme se descubrían las vetas o se consolidaba el trabajo en las ya conocidas, se creaban centros de población y se abrían caminos y brechas.

La minería, durante la época colonial, tuvo gran influencia en la distribución de la población, al adoptar el uso de carretas de dos y cuatro ruedas para carga del metal, e influyó en el incremento del empleo de las diligencias utilizadas para el transporte de personas y mercancías.

El 17 de octubre de 1533 se procedió por Ordenamiento Real a la construcción de caminos en la Nueva España.

Los caminos que se abrieron a lo largo y ancho del territorio nacional durante la Colonia fueron auspiciados por el sistema de consulados, que se implantó una vez terminada la conquista. Los consulados tenían a su cargo la construcción y conservación de caminos, y obtenían los fondos necesarios de los derechos de avería, que gravaban las mercancías de importación, además de lo que se recababa por concepto de peaje, el cual se exigía a los usuarios de los caminos desde 1574.

Así mismo, todos los caminos que conducían a los reales mineros debían ser conservados para el tránsito de recuas y carretas, por los explotadores de las minas.

Respecto de esas vías de comunicación, al avanzar hasta la ciudad capital de la Nueva España, el sabio alemán Alejandro de Humboldt, cuando entró en contacto por primera vez con los caminos mexicanos, narró:

"Resulta de esta posición de la capital, que los caminos más frecuentados y más importantes para el comercio son: el de México a Veracruz, por la Puebla y Jalapa; el de México a Acapulco, por Chilpancingo; el de México a Guatemala, por Oaxaca; y el de México

a Durango y a Santa Fe, del Nuevo México, vulgarmente llamado el "camino de tierra adentro".

"Los caminos que van de México, sean a San Luis Potosí y a Monterrey; sean a Valladolid y a Guadalajara, pueden considerase como ramificaciones del camino real de las Provincias Internas".

De muchos defectos adolecían los viejos caminos de México, y estos no pasaron inadvertidos para la observación del sabio, que además sugirió la forma de reformarlos:

"En el camino de Acapulco, que llamamos camino de Asia, la bajada empieza ya a ocho leguas de México, en la falda meridional de la montaña de basalto del Guarda. A excepción del trozo que pasa por el bosque de Huitzilac, no sería difícil abrir un camino, y aun sin mucho trabajo porque desde Acapulco hasta la llanura de Chilpancingo es ancho y está bastante bien cuidado; pero avanzando hacia la capital, especialmente desde Cuernavaca hasta Huitzilac, y de ahí hasta la cima de la alta montaña llamada la Cruz del Marqués, ya que es angosto y muy malo…"

El mismo testimonio de Humboldt permite establecer que no hubo mejoras importantes en los caminos durante la época colonial.

Algunas de esas vías, en especial las del altiplano, fueron convertidas en carreteras adecuadas para viajar en carretas.

"En efecto —narraba el sabio alemán—, sobre la mesa central se viaja en coches de cuatro ruedas, en todas direcciones, desde la Capital hasta Guanajuato, Durango, Chihuahua, Valladolid, Guadalajara y Perote; pero a causa del mal estado de los caminos, no se ha establecido carreteo para el transporte de los géneros; y se prefiere el uso de acémilas, de modo que millares de caballos y mulos, en largas recuas, cubren los caminos de México".

Tan solo en el transporte de mercancías entre México y Veracruz —el camino más transitado— se empleaban más de 70 mil mulas.

No obstante, los recursos para la conservación de caminos y puentes provenían de un sinnúmero de moderados peajes, que apenas bastaban para una mínima atención, tales como portazgos, pasajes, pontazgos, rodas, castillerías, borras, asadurías, montazgos y servicio.

En los últimos años de la Colonia se constató un cambio trascendental en el medio de transporte, ya que los topiles no eran ya los que llevaban en sus espaldas el pescado del Golfo de México a la mesa de

Moctezuma, sino las carretas y las diligencias, como lo afirmara el Ing. René Etcharren Gutiérrez, en su magnífica Ponencia "Origen del Programa de Caminos Rurales", presentada en el Seminario Internacional de Caminos Rurales en México. XXV años.

Al final del Virreinato había en México 19 mil kilómetros de caminos de herradura y siete mil kilómetros de caminos reales, por los que se podía transitar en carretas permitiendo el paso a las ciudades más importantes del país. Sin embargo, esos caminos apenas merecían la denominación de brechas o senderos de libres, como los bautizó el inglés H. W. Hardy.

I.5 **LOS CAMINOS A PARTIR DE LA INDEPENDENCIA DE MÉXICO**

El movimiento insurgente fue, desde su comienzo, una guerra de clases de los trabajadores del campo y las minas.

En esa época, los caminos y transportes heredados de la Colonia sirvieron para que los ejércitos de ambos bandos transportaran víveres y material de combate.

Aquellas brechas fueron acondicionadas para que por ellas pudieran transitar las carretas y diligencias, tanto de servicio público como particular, además de las famosas recuas, que tanto se utilizaron en la época anterior.

Poco se hizo en materia de caminos en los años inmediatos al inicio de la Independencia —1810—, ya que la peligrosa situación que imperaba en el país impedía la realización de cualquier esfuerzo de orden constructivo que se hubiera intentado.

No obstante, en 1827 se creó la junta encargada de cuidar los caminos que estuvieron a cargo de los consulados, y de 1834 a 1838 se dictaron diversas disposiciones para la apertura de nuevos caminos y el mejoramiento de los existentes, así como sobre la obtención de fondos para los mismos.

La conservación de los caminos corría a cargo de los municipios, congregaciones y colonos mediante las faenas y colaboración de los reclusos de las cárceles.

Las disposiciones de ley promulgadas en los años de 1839, 1842 y 1846, crearon y ampliaron las funciones de una dependencia gubernamental dedicada a la construcción y conservación de caminos.

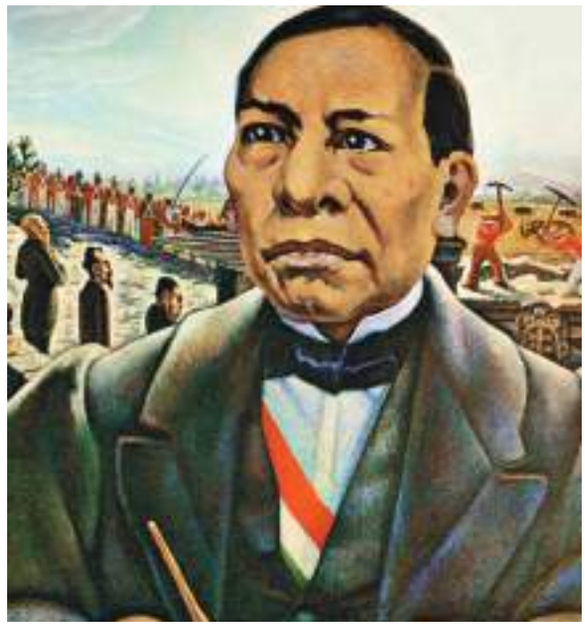
El 24 de septiembre de 1842 se promulgó el decreto y reglamento para la construcción de caminos.

El artículo primero de ese ordenamiento consideraba tres clases de caminos.

"La primera comprendía las rutas que desde la capital federal conducían a las de los estados y a los puertos de Veracruz y Acapulco. La segunda la componían los caminos que iban de la capital de una entidad federativa a otra y de ésta a los puertos de mar principales y a las fronteras de las repúblicas vecinas".

"La tercera clase la formaban las comunicaciones interiores de las capitales de los estados con los pueblos, o de pueblo a pueblo en cada uno de ellos, o de un estado con los pueblos de otros colindante. Los caminos que sólo iban a las haciendas y los ranchos se consideraban privados y en tal calidad no se incluyeron en la clasificación anterior".

En 1846, se fundó la Dirección General de Colonización e Industria, a cuyo cargo quedó la construcción y



reparación de caminos, misma que estuvo en funciones hasta 1853, en que fue sustituida por la Secretaría de Fomento.

Sin embargo, y a pesar del lamentable estancamiento de las comunicaciones, los transportes progresaron al establecerse servicios regulares utilizando diligencias. La primera línea operó en 1849, entre México y Puebla.

El 15 de junio de 1855, el presidente Santa Anna expidió el decreto para la clasificación de los caminos y el establecimiento del peaje.

En medio de las vicisitudes que caracterizaron al efímero imperio de Maximiliano, éste atendió las vías de comunicación, y en 1865 creó el Consejo Superior de Caminos y Puentes, que daba especial atención a la conservación de la carretera México-Veracruz.

En 1867, desparecido ese imperio, el presidente Benito Juárez estableció un impuesto destinado a la construcción y conservación de caminos.

Ese impuesto sustituyó el pago de peaje creado por Antonio López de Santa Anna, pero fue derogado en l868, y a partir de entonces se aplicaría, por primera vez, un presupuesto para la construcción de obras públicas, entre ellas los caminos.

> "El joven don Federico Barriga, activo e inteligente comerciante de Oaxaca, ha organizado una línea de carretas tiradas por bueyes, para el transporte de efectos. Su primer convoy, conducido por él mismo y otros señores, y compuesto de 50 carretas, llegó felizmente a Tehuacán el 22 del pasado mes, sin que la boyada —herrada con bastante habilidad— hubiese resentido mal alguno en los 12 días que duró la travesía de un camino fragoroso y bajo la ardiente temperatura de la cañada".
>
> *El Federalista, 4 de febrero de 1874.*

En 1891 Porfirio Díaz establece la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), encargada de la planeación, construcción y conservación de los caminos.

En la época porfiriana se saltó de la vereda y el camino de herradura, directamente al ferrocarril.

En 1893, el objetivo principal era alimentar las estaciones de los ferrocarriles y, en menor cuantía, comunicar zonas que carecían de medio de transporte.

El descuido era tal que los caminos que unían poblaciones, pero que no conducían al ferrocarril, se encontraban intransitables. Lo anterior llevó al presidente Díaz a declarar:

> "Como para el mantenimiento del tráfico de las vías férreas son necesarios los productos agrícolas y mineros de comarcas que aún no disfrutan de ese medio de transporte, el Ejecutivo atenderá la reparación de las carreteras ya existentes y la apertura de algunas nuevas, cuya necesidad se justifique, en cuanto se lo permitan las preferentes atenciones del erario y ayudado para tal efecto de los Estados, que son los directamente interesados en esas mejoras".

I.6 **LOS CAMINOS A PARTIR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA**

En la historia de México el año de 1910 tiene un significado especial. En ese año se inició la Revolución, movimiento social armado que conmovió todo el sistema social, político, económico y cultural del país, originando una época de crisis que obstaculizó a los gobiernos la realización de obras públicas.

La Revolución mexicana fue un impedimento para que se prestara atención a la transformación que precisamente en ese momento se requería en los viejos caminos carreteros, para adecuarlos al nuevo vehículo de transporte que había aparecido: el automotor, el cual provocaría en el mundo y en pocos años el cambio más radical que se hubiera producido en varios siglos precedentes en la transportación y en los caminos.

Durante los primeros años posteriores al movimiento armado, no pudieron planearse obras dada la inestabilidad de los gobiernos y las constantes crisis políticas en que se vieron sumidos

Consolidada la Revolución, a partir del primer gobierno preconstitucional de Venustiano Carranza, en 1914, la conciencia caminera se hizo presente, pero las difíciles condiciones por las que atravesaba el país no permitían la puesta en marcha de una política dirigida a mejorar y extender las vías carreteras. No obstante, a Carranza se debe la creación el 11 de enero de 1917, de la Dirección de Caminos y Puentes, como organismo especializado dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Durante los siguientes gobiernos revolucionarios —hasta Álvaro Obregón—, se apreció un impulso real a la labor caminera, al incrementar la construcción de carreteras y al celebrarse en la ciudad de México el Primer Congreso de Caminos, en el que surge el proyecto de legislación para promover la construcción y conservación de los caminos de México.

El desarrollo económico del país se inicia sólidamente en la tercera década del siglo XX, al modificarse el marco institucional con los principios sustentados en el movimiento popular, y se hace patente la necesidad de definir una política vial, fundada en el deseo de lograr el bienestar social en su conjunto. Los primeros esfuerzos fueron encaminados a lograr la comunicación carretera entre la capital del país y las principales ciudades, puertos y fronteras, fortaleciendo los vínculos políticos y administrativos de la nación.

Posteriormente se continuó con la construcción de carreteras de penetración hacia regiones poco pobladas pero de gran capacidad económica, lográndose su incorporación al concierto nacional y el consiguiente aumento de la producción.

Esta política dio como resultado la constitución de una red básica de grandes troncales que, junto con el sistema ferroviario, permitió que las principales regiones productoras del país aportaran los artículos y materias para el desarrollo de los centros industriales y a su vez se facilitara el incremento del consumo en las regiones rurales.

El esfuerzo del gobierno federal fue secundado por los gobiernos estatales, al construir carreteras secundarias para resolver, a su nivel, los problemas de liga y penetración, lo que como consecuencia de los avances logrados en carreteras troncales y secundarias planteó la necesidad de construir los vasos capila-

res del sistema carretero, con caminos que facilitarían el acceso a todos los miembros de la colectividad.

Si bien es cierto que se venía experimentando con el automóvil desde fines del siglo XIX, sólo hasta 1910 se empezaron a producir automóviles con ciertas seguridades en cuanto a su comportamiento mecánico. Se iniciaba la enorme revolución en el transporte de pasajeros y mercancías. El automóvil fue sometido a la dura prueba de fuego que representó la Primera Guerra Mundial —de 1914 a 1918—, y surgió victorioso.

Los viejos caminos carreteros ya no servían para estos nuevos vehículos veloces y con capacidad de carga. Con rapidez había que construir nuevos caminos o transformar los existentes, a fin de que respondieran satisfactoriamente a los requisitos que se imponían.

Mientras esto sucedía en otros países, México se encontraba enfrascado en el proceso revolucionario hasta terminar con la estabilización de la Revolución. El automóvil evolucionaba, se transformaban los caminos, pero las carreteras y brechas mexicanas permanecían igual.

Cuando la Revolución se convirtió en un poder estable, el automóvil ya estaba considerablemente desarrollado y México se había quedado tecnológicamente atrasado. Urgían los nuevos caminos que unieran la capital de la República con los puertos marítimos y fronterizos, luego con las capitales de los estados y después éstas entre sí.

El año de 1925 fue decisivo en cuanto a la integración de los sistemas viales del país, dado que significó el arranque —la primera piedra— de ese complejo magnífico que es hoy la red de carreteras.

La fecha es trascendente, no obstante que la aparición del primer automóvil en México ocurrió entre 1905 y 1906, con el antecedente de que en la época de la dictadura Porfirista solamente se contaba con 695 kilómetros de caminos relativamente apropiados para los nuevos vehículos.

En cuanto a unidades automotrices, que en el año de 1925 se utilizaban generalmente para recorridos por las calles de las poblaciones, su número era de 50 mil, lo que representaba una cifra muy baja si se le compara con las de otros países en ese mismo año.

En 1925, en cambio, al emitir el presidente Plutarco Elías Calles la ley para el impuesto federal sobre ventas de primera mano de gasolina, y cuando se crea la Comisión Nacional de Caminos, se abre un nuevo capítulo de realizaciones carreteras.

El 31 de agosto de ese año, el presidente de la República expidió el *Reglamento que Norma los Trabajos*

de la Comisión Nacional de Caminos; y el 22 de abril de 1926 se emitió la "Ley de Caminos y Puentes", con lo que quedó institucionalizada la construcción y conservación de caminos en México.

La Comisión Nacional de Caminos, como uno de sus primeros actos, celebró un contrato general de obras por administración con la firma estadounidense Byrne Brothers Construction Co., a la que se encargó el proyecto y la construcción de los caminos México-Puebla, México-Toluca y México-Cuernavaca, conviniéndose que la empresa percibiría 15% sobre todo lo erogado.

A fines del año siguiente se le rescindió el contrato y México se echó a cuestas la tarea de construir sus caminos con sus propios técnicos.

La Comisión construyó así mismo la carretera Monterrey-Nuevo Laredo y continuó la realización de otras obras.

Sin embargo, el atraso en caminos era grande y mucho lo que había que hacer, y además hacerlo con urgencia. No se podía pensar más que en caminos troncales. Ni mencionar a los caminos secundarios o rurales.

En ese año de 1926, el gobierno federal decidió que la Comisión se hiciera cargo directamente de los trabajos, y se creó el Departamento de Ingeniería.

Para 1929, a cuatro años del paso inicial, el kilometraje de caminos había aumentado de 695 a 940.

En consecuencia, conforme aumentaba la longitud de la red de carreteras, crecía en importancia su conservación, por lo que en 1930 fue necesario sustituir el área que tenía a su cargo esas labores, por un Departamento de Conservación adscrito a la Comisión.

El 28 de abril de 1932, mediante acuerdo del Ejecutivo federal, se creó la Dirección Nacional de Caminos como parte integrante de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, y con el fin de ayudar a los estados y municipios en la construcción de caminos estatales o interestatales, por conducto de la SCOP, emitió el Acuerdo núm. 1746 de fecha 2 de diciembre del mismo año.

El acuerdo obtuvo una entusiasta y favorable acogida por los gobiernos de los estados, estableciéndose una forma bipartita de construcción de caminos, al ser en cooperación con la federación. Para la construcción de carreteras la federación erogaba 50% del valor y el gobierno estatal el otro 50%.

Para que un estado contara con la ayuda federal debería someter su proyecto a la Dirección Nacional de Caminos y crear una Junta Local que se encargara de dirigir las obras y administrar los fondos destinados a la construcción del camino.

En el año de 1934, y en vista del buen resultado obtenido durante el año anterior, el Ejecutivo formalizó la construcción de carreteras en cooperación con los estados, elevando el Acuerdo antes citado a la categoría de Ley, que fue promulgada el 20 de abril de ese año.

Antes de la expedición de la Ley, mencionada en el párrafo precedente, el 1 de enero de 1934, para atender en forma eficiente las demandas de las Juntas Locales de Caminos, la Dirección Nacional de Caminos acordó que la sección de cooperación del Departamento de Proyectos y Construcción, se elevara a la categoría de Departamento, y que se encargara de atender la construcción de caminos, por el sistema de cooperación de las entidades federativas con el gobierno federal, sistema que funcionó hasta 1959.

El 30 de diciembre de 1935 se expidió el primer *Reglamento sobre la construcción de caminos en cooperación con los estados*, que definía los caminos nacionales y locales, estableciendo la preferencia en cuanto a su construcción.

El 6 de diciembre de 1941 se expidió el nuevo *Reglamento de construcción de caminos en cooperación con los estados*, imponiéndose a las entidades federativas la condición de asignar anualmente, como mínimo, el importe de sus participaciones en el impuesto sobre la gasolina.

Veinte años después de constituida la Comisión Nacional de Caminos, ya resaltaba la urgencia de construir caminos de especificaciones modestas que ligaran todos aquellos pueblos, rancherías, comuni-

dades agrarias y pequeños poblados que integraban la gran mayoría de la población y que se hallaban incomunicados, aún cuando estuvieran ubicados a unos cuantos kilómetros de cualquier camino de la red troncal.

La falta de estos caminos constituía un serio obstáculo para el desarrollo de la industria y del turismo; limitaba a esas comunidades para gozar con satisfacción de la educación, la salubridad, la higiene y la seguridad, y frenaba su debido desenvolvimiento económico, social y político.

Esa incomunicación impedía el establecimiento de una corriente de intercambio que permitiera a los pueblos el envío —oportuno y económico— de sus productos, y en sentido contrario al abastecimiento, muchas veces hasta de lo más indispensable, para su subsistencia.

La falta de atención a esa incomunicación desaprovechaba además el anhelo de comunicación de los pueblos, manifestado constantemente no sólo con peticiones, sino con ofertas de aportación de fondos y de trabajo personal.

El 12 de febrero de 1947 el presidente de la República, Lic. Miguel Alemán, firmó el acuerdo publicado en el *Diario Oficial* el 11 de abril del mismo año, mediante el cual creaba el Comité Pro-Carreteras Vecinales del Valle de Mexicali. Con el mismo se estableció el antecedente de la participación en forma tripartita entre el gobierno federal, el gobierno del estado interesado y las ciudades peticionarias de cada camino. En estos casos, caminos vecinales que en la actualidad se conocen como caminos rurales.

> Los caminos vecinales llegaban al municipio, al ejido, al lugar de explotación agrícola, ganadera o forestal, y llevaban a las carreteras locales y troncales las cosechas, permitiendo a su vez, el consumo de bienes industriales en aquellos lugares.

El 14 de mayo de 1947 surgió el acuerdo que estableció dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, el Departamento de Planeación y Fomento de Carreteras Vecinales, publicado el 24 de junio del mismo año. No obstante, el decreto del 12 de octubre de 1949, publicado el 27 del mismo mes, derogó el anterior creando en su lugar el organismo descentralizado de la SCOP, denominado Comité Nacional de Caminos Vecinales.

La implantación del sistema de cooperación por terceras partes fue un éxito, recibiéndose tal cantidad de ofertas, que para atenderlos se tuvieron que sumar los fondos fiscales con los proporcionados por la iniciativa privada, organizada a través del Comité Nacional de Caminos Vecinales.

Por ello, siendo presidente de la República, Adolfo Ruiz Cortines emitió el decreto de 4 de abril de 1956, instaurando el Comité Nacional de Comunicaciones Vecinales, ampliando las actividades del organismo anterior para abarcar no sólo caminos y puentes, sino la construcción de telecomunicaciones y aeropuertos vecinales.

Desde el 1 de diciembre de 1958, en que desapareció la SCOP, al plantearse la separación en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Obras Públicas, sucesoras directas, se hizo evidente la reestructuración del Comité Nacional de Comunicaciones Vecinales.

Así, en virtud del decreto presidencial publicado el 5 de abril de 1960, la atención de las telecomunicaciones vecinales quedó a cargo de la SCT; y por decreto del 1 de julio de 1960, publicado el 4 de los mismos, se creó la Comisión Nacional de Caminos Vecinales encomendada a la SOP, para atender lo concerniente a caminos, puentes y aeropuertos vecinales exclusivamente.

Esta comisión quedó abolida por el decreto presidencial publicado el 4 de julio de 1967.

I.7 **CAMINOS RURALES 1967–1977**

Ese mismo año de 1967 se estableció el Programa de Emergencia en las zonas denominadas "áridas" como consecuencia de una fatal sequía y nula cosecha. Para abatir las desesperadas condiciones de los campesinos, se diseñó un programa piloto en el estado de Durango para la construcción de ocho caminos con una longitud de 60 kilómetros y un presupuesto de seis millones de pesos, remunerando a los comunitarios participantes con raciones alimenticias.

Dado el interés gubernamental por incrementar a un costo relativamente bajo la infraestructura carretera del país, en 1968 se puso en marcha el Programa de Caminos Rurales de Acceso, con recursos del préstamo 247/SF-ME, otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a la Secretaría de Obras Públicas.

Objetivos del Programa de Caminos Rurales de Acceso

- Construir 2400 kilómetros de caminos en cuatro años.
- Comunicar poblados que tuvieran entre 500 y 2500 habitantes.
- La distancia del poblado a vías de comunicación ya existentes no sería mayor de 20 kilómetros.
- Utilizar los recursos más abundantes en la región.

La ejecución de los trabajos estuvo a cargo de las Oficinas Regionales de Caminos, dependientes de las Juntas Locales de Caminos en cada entidad federativa.

El convenio entre el BID y la SOP consignaba un requisito técnico respecto del proyecto: se tenía que elaborar un proyecto geométrico para cada camino.

Además, al tener como objetivo fundamental la utilización de los recursos de la región, se inició la organización adecuada de las comunidades para emplear la mano de obra local, de acuerdo con las necesidades de obra.

A fin de promover y coordinar la participación de todos los sectores en el país, por acuerdo del titular de la Secretaría de Obras Públicas, el 7 de octubre de 1971 se constituyó la Comisión Nacional de Caminos Alimentadores y Aeropuertos (Conacal), para construir caminos alimentadores y autopistas, así como para contribuir a la construcción de aeropuertos y aeropistas para aeronaves de mediano y corto alcance, a fin de enlazar diversos centros de producción.

El 4 de mayo de 1972 el gobierno federal, por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, constituyó un fideicomiso en el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. A., hoy Sociedad Nacional de Crédito, designando como único fideicomitente a la Conacal, el cual pasa a formar parte de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públi-

cas (SAHOP) el 13 de enero de 1977, cuyo titular ejercía las funciones de coordinador.

El empleo masivo de campesinos en la construcción de caminos rurales de acceso fue todo un éxito, de manera que en 1972 se estableció el Programa de Caminos de Mano de Obra, cuyos objetivos fueron:

- Atender fundamentalmente el mejoramiento de las brechas existentes.
- Emplear en forma intensiva la fuerza-hombre local, cuya remuneración estaba en relación directa con el salario mínimo del campo.
- Dar prioridad al empleo de la mano de obra desempleada o subempleada en la región.
- Beneficiar a comunidades que tuvieran de 500 a 2 500 habitantes.
- Los caminos debían ser transitables durante toda época del año.

Los criterios de proyecto para el mejoramiento de brechas consistían en hacer cambios al trazo y la localización existente, en las formas que así lo dictaminara el ingeniero residente.

Por otra parte, como el programa de caminos de mano de obra consideraba el empleo intensivo de la fuerza de trabajo existente en el medio rural, se intensificó la promoción para organizar debidamente a las comunidades beneficiadas.

Establecida la política de orientar en forma prioritaria la atención gubernamental hacia los problemas del medio rural, los caminos de mano de obra quedaron enmarcados en 1973 dentro del Programa de Inversiones para el Desarrollo Rural (PIDER), el cual además de combatir la desocupación, consideraba la dotación a las comunidades de obras y servicios de carácter social y productivo que les permitieran superar su nivel de vida.

I.8 **CAMINOS RURALES 1978–1987**

El 19 de julio de 1978 se modificó el convenio de constitución del Fideicomiso Conacal, ampliándose sus fines con la reestructuración del Comité Técnico y de Distribución de Fondos, y estableciéndose las bases para designar un delegado fiduciario especial y un director general.

En 1980 la presidencia de la República instauró el Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar) y a la Secretaría de Asesntamientos Humanos y Obras Públicas le correspondió realizar el Programa SAHOP-Coplamar de agua potable y caminos para zonas marginadas.

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal fue modificada en 1981, por decreto del 30 de diciembre, en que se cambiaba el artículo 49, que-

dando la Secretaría de Programación y Presupuesto como único fideicomitente del gobierno federal, y el 15 de noviembre de 1982, por decreto del Ejecutivo federal se reformaron y adicionaron diversos artículos del mismo ordenamiento, y de conformidad con el artículo 36, a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes correspondió llevar a cabo la construcción y conservación de caminos y puentes, construir aeropuertos federales y cooperar con los gobiernos de los estados y con las autoridades municipales en la construcción de obras de ese género.

En 1983 el Programa SAHOP-Coplamar fue cambiado por el denominado Programa de Inversiones para Atención a Zonas Marginadas (PAZM) y la continuación del PIDER.

En el ejercicio 1984 el PAZM y el PIDER se conjuntaron creándose los Programas de Desarrollo Regional (ODR) y Regional de Empleo (PRE).

En 1986 el gobierno federal, mediante la SCT, inició el proceso para transferir a los gobiernos de los estados la red alimentadora y rural, actividad que se concluyó en 1988 con la entrega de las Juntas Locales de Caminos a las entidades federativas.

I.9 **CAMINOS RURALES 1988-1997**

El 18 de abril de 1989 la Secretaría de Comunicaciones y Transportes estableció que los programas de la Dirección General de Carreteras Alimentadoras, denominación que correspondía en la fecha a las anteriores Direcciones Generales de Caminos de Mano de Obra y de Obras a Mano, se integraran al Fideicomiso de la Comisión Nacional de Caminos Alimentadores y Aeropuertos (Conacal), que contaba con una figura jurídica correspondiente a un fideicomiso público, entendido como un contrato en el que participaba el gobierno federal, creando una entidad paraestatal con el propósito de que realizara una función de interés público. Esa figura se apoyaba en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y la Ley Federal de Entidades Paraestatales, guardando relación con otros ordenamientos, tales como el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 y el Programa Nacional para la Modernización de la Empresa Pública 1990-1994.

El Fideicomiso Conacal fue una entidad de servicio institucional de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, al que se le encomendaron las tareas de promover, concertar y coordinar la cooperación de los sectores público, privado y social de todo el país, en la planeación, construcción, modernización y mantenimiento de las carreteras alimentadoras, como lo realizaron la Comisión Nacional de Caminos, la Dirección Nacional de Caminos y el Comité Nacional de Caminos Vecinales, antecesores en el tiempo de la Conacal.

Las acciones de esta entidad se efectuaron de acuerdo con los programas asignados al propio fideicomiso y ajustándose a los lineamientos y normas técnicas dictadas por la SCT en su carácter de Coordinadora de Sector.

Un hecho común en la construcción y reconstrucción de caminos rurales, fue que las comunidades beneficiarias, aportaban la mano de obra campesina y los materiales regionales, además del terreno y el

respectivo derecho de vía donde se alojaba la obra.

La flexibilidad operativa del fideicomiso permitió múltiples opciones de participación, al incorporar recursos presupuestales del gobierno federal, asignaciones de los gobiernos estatales y aportaciones del sector privado y social; así como la canalización de crédito interno y también externo, proporcionado por organismos internacionales.

Los programas de trabajo que realizó el fideicomiso en el lapso 1989-1994 fueron el Programa Conacal, responsabilidad directa del mismo; el Programa Directo SCT con recursos provenientes principalmente de la Federación; el Programa Nacional de Solidaridad, con recursos proporcionados a través del Convenio Único de Desarrollo (CUD), firmado entre el gobierno federal y los gobiernos de los estados, y el Programa Tripartito de Solidaridad, mediante la concertación de recursos de los sectores público, privado y social, como lo señala el Lic. Pedro Cervantes Campos en su extraordinaria ponencia "XXV años de caminos rurales en México. Aspecto jurídico", presentada en el Seminario Internacional de Caminos Rurales en México.

La ejecución de los programas los efectuó el Fideicomiso Conacal en coordinación con los gobiernos de los estados, a través de las Juntas Estatales de Caminos y los Centros SCT.

A fin de mejorar el nivel de vida de la población rural, el Ejecutivo federal asignó recursos financieros a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con el propósito de establecer durante 1995, el Programa Emergente de Conservación de Caminos Rurales con Uso Intensivo de Mano de Obra, coordinado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en el cual participaron la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Para 1997 a los trabajos de conservación de caminos se sumaron los de construcción y reconstrucción. Además, se incorporó al programa la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y en 1999 la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), continuando la coordinación a cargo de la SHCP.

En este último año el programa adquirió carácter de intersecretarial y se establecieron reglas generales para su operación, quedando la coordinación del mismo a cargo de un Comité Técnico compuesto por funcionarios de las dependencias mencionadas, que a la fecha lo conforman.

En 1998 se inició la extinción del Fideicomiso Conacal y se formó la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional, que depende de la SCT, y se encarga, entre otras cosas, de atender la red rural.

I.10 **CAMINOS RURALES 1998 - 2007**

Con el múltiple objetivo de generar empleo, combatir la pobreza extrema y promover el desarrollo rural, el gobierno federal estableció el "Programa de Empleo Temporal" (PET) en 1999.

Dentro del mismo, a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes le correspondió ejecutar el "Subprograma de Atención y Desarrollo de la Red de Caminos Rurales con Uso Preferencial de Mano de Obra", que incluía la conservación, la reconstrucción

y la construcción de caminos rurales así como el mejoramiento de brechas.

La Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional se integró en el 2000 a la Dirección General de Carreteras Federales y a partir del 2007 sus funciones están encomendadas a la Dirección General Adjunta de Caminos Rurales y Alimentadores.

Bibliografía

Asfáltica. Revista Técnica de la Asociación Mexicana del Asfalato, Asociación Mexicana del Asfalto, México, 2008.

Bonnín Arrieta, Alfredo C., "Gestión de la infraestructura del Transporte. Marco institucional". México, Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C., 2000.

Félix Orozco, Froylán y Roberto Rivera Pérez, "Puentes en los caminos reales del Bajío. Obras de Arte e Historia". 2006.

Fernández Justino, Constantino Reyes Valerio y Eugenio Fischgrund H., "Reproducción del mural del Salón Independencia de Juan O'Gorman". México, Museo Nacional de Historia, Castillo de Chapultepec, 1967.

International Road Federation, IX Reunión Mundial. Estocolmo, Suecia, 1981.

Pérez Elías, Antonio, "Los Caminos antiguos", con algunos datos proporcionados por Javier Torres Alfaro, México.

Secretaría de Obras Públicas, Suplementos núms. 10, 37, 38, 55, 57, 59, 61, 65, 75 y 80. México, SOP, 1969 a 1975.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Fideicomiso Conacal, "Seminario Internacional de Caminos Rurales en México. XXV años", Zacatecas, Zac, 1992.

SCT, *Las carreteras de México* (1891-1991), Bernardo García Martínez, México, 1992.

SCT, *Sector Comunicaciones y Transportes, Memoria 1982-1988*. México, 1988.

CAPÍTULO II. ***Evaluación***

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO II. ***Evaluación***

Este capítulo inicia con algunos datos de la situación del país al finalizar la década de 1960 y principio de la de 1970, hasta nuestros días.
En él, se incluye un resumen sobre la evaluación financiera de proyectos de tipo social y una síntesis de diversos estudios realizados para conocer el resultado de los programas de caminos con uso intensivo de mano de obra.

II.1 **ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DE MÉXICO 1967-2007**

En 1967 la población nacional se acercaba a los 42 millones de habitantes, de los cuales poco más del 50% se concentraba en ciudades.

La red de carreteras era del orden de los 60 mil kilómetros, con 25 mil kilómetros troncales y 35 mil kilómetros alimentadores.

En 1968, 75 % de los mexicanos vivía en pobreza.

En 1981, ya sólo el 48 % vivía en esa condición.

En 2006 los estudios serios del investigador Julio Boltvinik afirman que eran pobres 75% de los mexicanos, 30 % en pobreza extrema.

Para 1970, por lo menos 12 millones de personas, equivalentes, al 25% de la población nacional y aproximadamente el 60% de la población rural en México, carecían de posibilidades de recibir, de manera cabal, los beneficios del progreso.

De los casi 12 mil núcleos de población que tenían entre 500 y 2500 habitantes, sólo cuatro mil contaban con una vía de comunicación, restando entonces por comunicar a ocho mil poblados.

Lo anterior significaba que a pesar del esfuerzo realizado en materia de comunicación terrestre, perduraban signos de desigualdad e injusticia, como la marginación y el aislamiento, fenómeno que se hizo llamar "discriminación geográfica".

En 1970, 41.3% de la población vivía en localidades de menos de 2500 habitantes, y aproximadamente 40% de la población económicamente activa se dedicaba a tareas del sector agropecuario.

> Cálculos oficiales hasta 1992, catalogaron a 40.3 millones de mexicanos como pobres y a 17.3 millones como extremadamente pobres.
>
> *Julio Moguel, 1994*

El diagnóstico del Conapo sobre la situación demográfica del país en 2005, señaló lo siguiente:

"El número de localidades pequeñas se duplicó de casi 100 mil en 1950 a más de 196 mil en 2000".

"Las localidades menores de 100 habitantes son las que experimentaron el mayor crecimiento al pasar de 65 mil a 148 mil en los mismos años".

> Existen en el país 133 mil comunidades con menos de 50 habitantes, que suman una población de aproximadamente 1.5 millones de mexicanos,

de las cuales el 35% se encuentran en Veracruz, Chiapas, Chihuahua y Jalisco.

INEGI

Las localidades pequeñas representaban —en la década de 1970— un reto en materia de políticas sociales, pues registraban en su gran mayoría altos índices de marginación y su dispersión hacía incosteable la dotación de servicios básicos.

El 69 % de los habitantes de localidades pequeñas, según estimaciones de Conapo, enfrentaban grados de marginación alto y muy alto, mientras 20% vivía alejado de otros centros de población y de caminos y carreteras.

"La región sur presentaba el mayor rezago. Concentraba 21 mil localidades pequeñas, con una población de 4.8 millones de personas en situación de alta y muy alta marginación. La mayoría de estas localidades se encontraba en las zonas montañosas y las selvas, donde las condiciones de accesibilidad son más difíciles", según el diagnóstico de referencia.

Una de las características de la situación del país en esa década era que no existían recursos suficientes para atender, en forma indiscriminada, a todas las localidades que padecían marginación, por lo que fue indispensable efectuar la selección de las que fueran incluidas en los consecutivos programa de caminos rurales.

Esa selección tomó en cuenta: rango de población, grado de desarrollo, potencial económico, ubicación geográfica, estructura social y disponibilidad de mano de obra.

Uno de los objetivos colaterales de los programas de caminos rurales fue el de contribuir a la redistribución de la población, ya que si se atendían a los núcleos de mayor población, los habitantes de las rancherías y pequeños caseríos, ante el desarrollo de los poblados atendidos, se trasladarían a avecindar a ellos, cosa que no se dio en la medida esperada, debido a la dimensión de la presión social que obligó a atender localidades con escasa población.

Fue así como se determinó servir a las comunidades con población de 500 a 2500 habitantes, y conforme se avanzó en la atención de este rango de población, se benefició a comunidades de hasta 200 habitantes.

II.2 **INDICADORES RELEVANTES DE LA POBREZA EN MÉXICO**

El Banco Mundial considera como línea de pobreza tres dólares diarios y alrededor de 27 pesos de 1994, lo que el Consejo Nacional de Población (Conapo) calculaba necesario para satisfacer las necesidades esenciales de una familia.

II.2.1 **Grados de pobreza**

Se entiende como "pobreza alimentaria" o "pobreza extrema", cuando la gente gasta todos sus ingresos en alimentos sin cocinar. Equivale a que cada persona tenga un ingreso total inferior a 549 pesos al mes en el campo o 741 pesos en las ciudades.

"Pobreza de capacidades" significa un ingreso inferior a 651 pesos al mes por persona en el campo o 909 pesos en las ciudades. Los "pobres de patrimonio" ganan menos de mil pesos al mes en el campo o 1488 pesos en la ciudad.

Si el salario mínimo legal de 1994 fue de 1357 pesos, una persona que ganaba un salario mínimo debía ser considerada pobre.

Un hogar, cuyo ingreso por persona estaba en, por ejemplo, 1 600 pesos, ya no era clasificado como pobre.

Para el año 2004 se tienen dos maneras de analizar las cifras sobre la pobreza en México, resultado del informe del Comité de Expertos, conformado por siete académicos procedentes de El Colegio de México, la Universidad Iberoamericana, la Universidad Autónoma de México y el Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDE), en funciones a partir de 2001.

a. Vaso medio vacío

Hay 49.1 millones de pobres en México, de un total de 105.6 millones de habitantes, lo que equivale al 47.2 % de la población.

Según datos de la encuesta Ingreso–Gasto, prácticamente uno de cada dos hogares mexicanos es pobre y tiene ingresos totales inferiores a los 6 400 pesos al mes.

b. Vaso medio lleno

En los años 2004-2005 el número total de pobres se redujo en 2.2 millones.

Miguel Székely ha calculado los umbrales de pobreza para cada una de las encuestas de ingresos y gastos de los hogares desde 1950 a la fecha.

Para el investigador mencionado, la clase media resulta del diferencial entre la población total y la suma de los "ricos" y los "pobres".

El ejercicio se extiende para dividir a la clase baja en tres segmentos: la baja baja, la baja media y la baja alta, a partir de las tres definiciones de pobreza mencionadas (alimentaria, de capacidades y patrimonial).

En 2004, 18.3 millones de mexicanos pertenecían a la clase baja baja (17.3%); 7.7 millones a la baja media (7.3%) y 23.6 millones a la baja alta (22.4%), y 42.2 millones a la clase media (40.0%) y 13.7 millones a la clase alta (13.0%).

En el periodo 1992 a 2005, la pobreza extrema en México se redujo apenas 4.2%, a un ritmo de 0.3% al año.

La proporción de habitantes del país en situación de pobreza alimentaria pasó en el periodo de 22.4 a 18.2%, según el reporte sobre rezago social del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval).

II.2.2 **Oros datos de la pobreza en el país**

La cantidad de comunidades y habitantes en pobreza extrema en 2007 es como sigue: sólo 25% de los mexicanos satisface todas sus necesidades; tres de cada diez mexicanos viven en la miseria; 7.5 de cada diez mexicanos viven en la pobreza; uno de cada diez mexicanos está apenas arriba de los niveles de pobreza; uno de cada diez mexicanos pertenece a la clase media, y son ricos 5%, y una minoría tiene fortunas enormes.

II.3 **EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Cuentan los investigadores que en 1953 se institucionalizaron en la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP) los estudios de planeación y localización de nuevos caminos, y que en 1960 se establecieron los primeros criterios precisos para evaluarlos.

Así quedó definida, por ejemplo, la carretera de vinculación o de función social, que tiene como propósito principal acceder a núcleos de población carentes de medios de comunicación, para llevarles salud, educación y elevar sus niveles de vida.

El criterio para definir su factibilidad consiste en cuantificar el número de habitantes que se beneficiarían directamente con el camino y relacionarlo con el monto de la inversión.

II.3.1 **Proyectos carreteros de función social**

El establecimiento de una comunicación permanente entre la red vial y las zonas de escasa potencialidad económica promueve un cambio definitivo en el modo de vida de sus habitantes.

La dificultad de cuantificar esos beneficios para la colectividad ha conducido a un criterio de justificación económica que se basa en lograr el óptimo aprovechamiento de la inversión. Para ello se da prioridad a los proyectos de más bajo costo por habitante servido.

No obstante, como indicadores auxiliares se consideran el número de hectáreas que, como consecuencia de la obra, se pueden agregar al cultivo, la generación de empleos que se provoca al realizar este tipo de proyecto con mano de obra y, en consecuencia, la evaluación del ingreso en la propia zona.

Como caso particular, cuando el financiamiento del proyecto se efectúa con la participación económica de los beneficiarios, se analiza la capacidad de cooperación de los mismos, y se determina el costo por habitante servido y una relación del valor de la producción actual por habitante o por jefe de familia.

Por otra parte, cuando el análisis se refiere a grupos de proyectos de este tipo, se hacen estimaciones en cuanto al número de empleos generados por la construcción de las obras, siempre que esto sea posible, y se da preferencia a la utilización de mano de obra local y al número de hectáreas de la región que se incorporan a la producción agropecuaria.

II.3.2 **Definiciones**

A fin de unificar criterios se incluyen las siguientes definiciones.

Camino rural. Vía de comunicación terrestre de un carril de circulación de cuatro metros de ancho. Su capacidad es de hasta 100 vehículos en promedio diario anual.

Es construido a base de terracerías revestidas con una compactación proporcionada por las ruedas de los vehículos usuarios, y es transitable durante toda época del año. Ahora bien, algunos investigadores e instituciones de crédito internacional le dan alguna de las siguientes denominaciones a los caminos ruales:

- Camino de tipo económico. Es el que queda sin compactar ni pavimentar.
- Camino rural de acceso. Es aquel que da servicio a las pequeñas comunidades asentadas en las zonas rurales.
- Camino alimentador. De las redes troncales o principales o de otras vías con tránsito superior a 100 vehículos en promedio diario anual.
- Camino de penetración. Hacia zonas o regiones geográficamente discriminadas o susceptibles de aprovechamiento, tales como las madereras, mineras o azucareras, entre otras.
- Camino vecinal. Integrado a la red nacional de carreteras. De especificaciones modestas, pero transitable en toda época del año.

Construido con aportaciones bipartita (federación–estado) o tripartita (federación–estado–vecinos).

- Camino de mano de obra. La componente laboral está integrada con un porcentaje superior al 50% por la mano de obra proveniente de las comunidades beneficiadas.
- Alimentador de la red troncal. Permite el tránsito durante toda época del año.

La evaluación de proyectos ha sido el procedimiento de selección aplicado para escoger las mejores opciones de uso, cuando los recursos financieros destinados a la infraestructura vial rural no son abundantes.

En el caso de los caminos rurales, el procedimiento no se aplicó como mero ejercicio académico-tecnocrático irreal, ni como método de justificación de cosas que no se debían hacer, porque si los recursos financieros escaseaban, con certeza habría muchas otras acciones que beneficiarían más a una región o a un estado o al país, y que generarían mayores recompensas para la sociedad en su conjunto.

La evaluación efectuada fue un proceso que a partir de la situación real tomó en cuenta la mayoría de los aspectos políticos, regionales, estatales, municipales y locales de esa realidad, lo cual permitió seleccionar la mejor alternativa.

De los aspectos políticos se consideraron las prioridades políticas, como explotación e injusticia, entre otros; y de los aspectos sociales, el número de habitantes y grado de desarrollo, entre otros; y de los aspectos económicos se tomaron en cuenta los recursos aprovechables, el valor de la producción, etcétera.

Entonces, para que la metodología de evaluación resultara efectiva, fue necesario que la etapa de planeación contara, como mínimo, con un listado de necesidades que incluyera las obras por construir, reconstruir, pavimentar o mejorar.

El listado de caminos señalaría, por ejemplo, el número de habitantes beneficiados, la longitud de la vía, los costos de la acción requerida y por habitante servido; la cooperación de los usuarios, el grado de pobreza y la importancia económica y política.

Finalmente, indicaría si la realización del camino permitiría efectuar otros proyectos.

Al darle un valor ponderado a cada columna, el sistema computarizado hizo participar a todos los caminos y a cada tipo de acción.

Este sistema permitió desechar algunas propuestas por improcedentes, pero lo más importante es que de acuerdo con las prioridades del momento se elaboraron los programas y se pudieron satisfacer las obras en forma ordenada.

Una evaluación como la descrita tiene sentido cuando sirve para comparar y no cuando es una forma de justificar, como lo enfatiza el Ing. Gonzalo H. Cruz Beristáin en su excelente ponencia "Evaluación financiera de proyectos", presentada en el Seminario Internacional de Caminos Rurales en México. XXV años.

II.3.3 **Clasificación de caminos de mano de obra**

En la evaluación de la conveniencia de construir proyectos carreteros de función social, como los denominados en su tiempo "caminos de mano de obra", se tuvo en cuenta lo expresado anteriormente, y para atender la demanda se clasificaron en la década de 1970 de la siguiente manera:

a) Mejoramiento de brechas. Se trataba de brechas abiertas al tránsito con medios propios de los comunitarios rurales, mediante la aplicación de técnicas rudimentarias. La gran mayoría intransitables en época de lluvias.
b) Mejoramiento de brechas en las zonas ixtlera y candelillera. La "zona ixtlera" se localizaba fundamentalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas, y la "zona candelillera" comprende regiones de los estados de Chihuahua, Durango y parte de Coahuila.
c) Caminos de integración de zonas indígenas. La "zona Huicot" fue una de las primeras en atenderse, construyéndose dos ejes troncales que atravesaban de Estación Ruiz, Nayarit, a Valparaíso, Zacatecas; y de Bernalejo a Mezquital, en Durango, con longitudes de 200 y 80 kilómetros respectivamente, y numerosos ramales para servirlos.

También se construyeron caminos de mano de obra para las zonas de etnias de los mixes, triques, zapotecas y mixtecas, en Oaxaca, y tarahumaras en Chihuahua, entre otros.

d) Caminos en "micro zonas" o "micro regiones", seleccionados por la Secretaría de la Presidencia. El Programa de Inversiones para el Desarrollo Rural (PIDER), dio especial interés a los caminos ubicados dentro de micro zonas o regiones, con la característica de que el importe del presupuesto era fijo.

La determinación del presupuesto se basaba en el proyecto y los volúmenes de obra derivados del mismo, aplicándoles los precios unitarios del tabulador de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Si el importe resultaba igual o inferior al aprobado por la Secretaría de la Presidencia se iniciaban los trabajos sin mayor trámite. Cuando el importe era mayor, se sometía a la consideración de las autoridades superiores de las Secretarías de la Presidencia y de Obras Públicas, que dictaminaban lo conveniente.

e) Caminos a nuevos centros de población ejidal. Estos caminos los estableció el Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización, en varios puntos del país. Tenían la característica especial de que el ancho de corona era de seis metros en lugar de los cuatro metros aceptados para el resto de este tipo de caminos.
f) Caminos a cabeceras municipales. En la década de 1970, la cuarta parte de las cabeceras municipales carecía de caminos que las unieran al resto del país, por lo que se les comunicó con una vía de características geométricas modestas.
g) Caminos a centros turísticos y arqueológicos. Los centros turísticos, como playas y balnearios y zonas arqueológicas o de monumentos coloniales, que son de interés histórico, cultural y turístico, fueron dotados de un camino de mano de obra.
h) Caminos a centros productivos agropecuarios, mineros y pesqueros. A fin de propiciar el desarrollo productivo regional, se construyeron caminos de mano de obra a centros agrícolas, ganaderos, mineros y pesqueros. En zonas azu-

careras estas vías se construyeron con un ancho de corona de seis metros.
- Caminos construidos con recursos de la comunidad. Este último grupo de caminos de mano de obra contaba con el apoyo de la Secretaría de Obras Públicas que facilitaba la herramienta y la supervisión de los trabajos.

En décadas subsecuentes se agregaron proyectos de caminos dentro del Programa de Inversiones Públicas para el Desarrollo Rural (PIDER), el Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar), el Programa de Solidaridad y recientemente el Programa de Empleo Temporal (PET).

II.3.4 **Indicadores adicionales**

Luego se efectuaron estimaciones sobre la producción actual y futura, dentro de la zona de influencia del camino por construir.

La zona de influencia en los caminos rurales se cuantifica en función de la topografía donde están ubicados, midiéndola en forma perpendicular a su eje desde el caserío o ranchería más lejana al mismo y que hace uso del camino, cuyos habitantes se trasladan a pie o en bestia; o del punto a partir del cual prefieren servirse de otro camino.

Zona de influencia estimada (km)		
Tipo de topografía	Lluvias abundantes	
	Clima caluroso	Clima templado y frío
Plano	2.0	3.0
Lomerío	1.0	2.0
Montañoso	1.0	2.0

Zona de influencia estimada (km)		
Tipo de topografía	Lluvias escasas	
	Clima caluroso	Clima templado y frío
Plano	3.0	4.0
Lomerío	2.0	3.0
Montañoso	1.0	2.0

Para ello se consideraron los datos estadísticos sobre áreas cultivadas y cultivables, productos de la región, rendimiento por hectárea, valor por tonelada en cada producto, índice de agostadero, etcétera.

II.3.5 **Criterio beneficio/costo**

Para el análisis de los proyectos se efectuó la evaluación con el criterio de beneficio/costo, que llevaba implícito el cálculo de los beneficios y costos en cada uno de los años del horizonte que se analizaba.

En cuanto a los beneficios, se consideraron como tales los originados por el incremento en el valor del producto, los ahorros en costos de transporte y en algunos casos los efectos de carácter social.

En relación con los costos, se tomaron en cuenta tanto los de construcción y eventuales reconstrucciones, como los propios de conservación.

II.4 **EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y TÉCNICA DEL PROGRAMA DE CAMINOS DE MANO DE OBRA 1976**

Son múltiples los estudios realizados para conocer o medir el impacto o los efectos de la construcción de los caminos rurales con el uso intensivo de mano de obra.

La Secretaría de Obras Públicas encomendó en 1976 la planeación y realización del estudio "Caminos

y mano de obra", a la Oficina de Estudios, Tecnología y Ecodesarrollo, del Lic. Raúl Salinas Lozano y a El Colegio de México, para lograr la evaluación del Programa de Caminos de Mano de Obra en función de los objetivos sociales que de distintas maneras se habían enunciado.

El Colegio de México estableció y analizó los efectos socioeconómicos de los caminos de mano de obra sobre las comunidades que proporcionaron trabajadores y que fueron comunicadas mediante esta forma, con la red vial y la economía del país.

La investigación de campo se hizo en dos niveles: el trabajador y su familia, y la comunidad. Además, se efectuó en dos momentos: al inicio de la construcción de un camino y entre seis meses y dos años después de su terminación. Para ello se seleccionó una muestra estratificada de comunidades.

Con el fin de certificar la transitabilidad de 167 caminos de mano de obra terminados, establecer una calificación sobre ellos, y recabar datos de costos y rendimientos, entre otros, se aplicó una encuesta técnica aplicada a los ingenieros constructores de los caminos.

Cabe señalar que 86.41% de los caminos recorridos eran brechas mejoradas y 13.59% caminos nuevos.

Debe entenderse que un camino es considerado "nuevo" cuando no se aprovechó ningún tramo o trazo de brecha existente.

La calificación se hizo de acuerdo a los siguientes criterios:

Bueno. Un camino es bueno cuando comunica a los poblados durante 95% de los días del año, a una velocidad de 20, 30 y 40 kilómetros por hora en terreno montañoso, lomerío y plano, respectivamente. No se consideró el 100% dados los eventos físicos extraordinarios tales como ciclones o terremotos, entre otros.

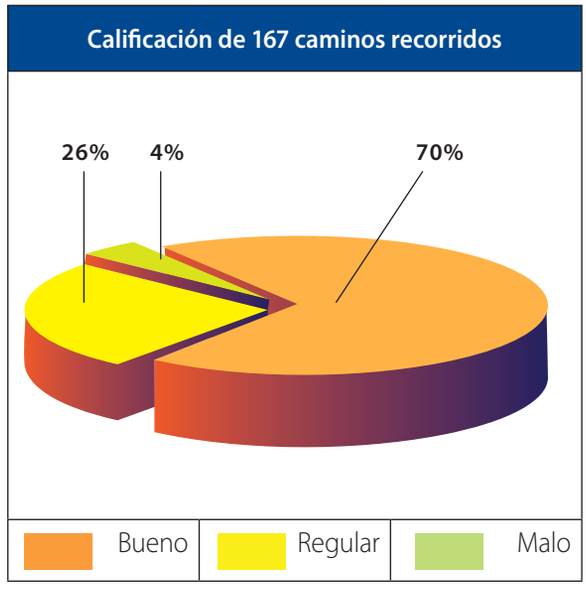
Regular. Un camino es regular cuando sólo tiene la característica de la comunicación, pero no la de velocidad.

Malo. Un camino es malo cuando no cumple ninguna de las características anteriores.

Para calificar el estado físico de los caminos construidos con mano de obra se recorrieron 167 de ellos, de acuerdo con una muestra técnicamente estructurada, lo cual permitió observar que éstos son útiles permanentemente en el 96% de los casos; es decir, que el resultado del producto es altamente eficiente.

Ahora bien, la eficiencia futura, como la de cualquier camino, dependerá de la conservación.

El resultado de esa calificación fue el siguiente:



La observación de estos resultados permitió asegurar que la tecnología intensiva en mano de obra ofrecía soluciones satisfactorias, ya que prácticamente 96% de los caminos con dos años de antigüedad proporcionaban comunicación de manera permanente.

II.4.1 **Impacto inmediato de la construcción de caminos de mano de obra**

Los efectos más importantes del mejoramiento sustancial de una vía de comunicación sólo pueden observarse después de un tiempo razonable, como para permitir un proceso de expansión, si es que sucede.

Los efectos inmediatos, cuando existe producción excedente que antes no era posible "exportar", y los posteriores en función del tiempo necesario para la incorporación de nuevas tierras al cultivo o la explotación de otros recursos naturales.

Por ejemplo, uno de los resultados medidos fue el cambio en los precios de los productos consumidos por los jornaleros y sus familias durante la ejecución de los trabajos.

Cambios en el nivel de precios durante la construcción del camino	
Cambios	Por ciento
Aumentaron por el camino	9.2%
Disminuyeron por el camino	3.1%
Aumentaron por causas ajenas al camino	47.7%
Disminuyeron por causas ajenas al camino	1.5%
Aumentaron (no se sabe la causa)	13.9%
Se mantuvieron iguales	24.6%

II.4.2 **Destino del salario en función de la disponibilidad de tierra**

Disponibilidad de tierra	**Compra de tierras, animales y ahorro**	**Consumo y salud**
Con tierra	8.2%	91.8%
Sin tierra	4.8%	95.2%

II.4.3 **Efectos socioeconómicos de los caminos de mano de obra en una muestra de comunidades**

El estudio en 14 comunidades tuvo por objeto comprobar las condiciones existentes después de transcurrido un año o más de la terminación de los caminos.

Los cambios en siete campos seleccionados de la economía familiar se señalan a continuación:

Campos	**Cambios**	
	Aumento	**Disminución**
Tecnología	7	3
Producción agrícola	51	30
Comercialización	42	31
Actividades cuenta propia	13	4
Trabajo asalariado	21	12
Ajenos empleados	1	
Consumo	18	10

La muestra completa fue de 423 grupos domésticos.

Campos	Cambios	
	Abandono	Adopción
Tecnología	4	123
Producción agrícola	28	19
Comercialización	56	128
Actividades cuenta propia	17	67
Trabajo asalariado	6	37
Ajenos empleados	2	17
Consumo	10	242

II.4.4 **Costos y resultados técnicos de las tecnologías alternativas en México. Capital y mano de obra.**

Los siguientes son, entre otros, los resultados obtenidos.

Costos por concepto	
Concepto	Por ciento
Salarios	60%
Materiales	12%
Herramienta	4.5%
Servicios	20%
Supervisión	3.5%
Total	100%

Costos por actividad	
Concepto	Por ciento
Terracerías	49%
Revestimiento	30%
Obras de drenaje	21%
Total	100%

A partir de los análisis de precios obtenidos por concepto del estudio, y luego de aplicar los precios de los tabuladores de la Secretaría de Obras Públicas, se pudieron establecer los costos comparativos de las técnicas intensivas en mano de obra y capital, resultando favorables los costos con uso intensivo de mano de obra.

Costos de construcción por kilómetro, 1975	
Brecha por mejorar	Camino nuevo
Intensivo en mano de obra: 1.00	Intensivo en mano de obra: 1.00
Intensivo en capital (tabulador SOP): 0.99	Intensivo en capital (tabulador SOP): 0.88

II.4.5 **Resultados de comunicación**

Desde el punto de vista de la comunicación, con los caminos de mano de obra se logró, en el lapso 1970-1975, lo siguiente:

- Se construyeron 64 mil kilómetros de caminos.
- Se comunicó a poco más de seis mil localidades aisladas donde habitaban cerca de seis millones de campesinos.
- Se integraron a la red 240 cabeceras municipales de las 772 que no tenían camino.

- La relación de caminos troncales y caminos alimentadores fue de 54% y 46% respectivamente. Lo anterior se tradujo en 92 metros de caminos por kilómetro cuadrado de territorio, a diferencia de 36 metros por kilómetro cuadrado que se tenía en 1970.

El estudio "Caminos y mano de obra" concluye, entre otras cosas: "Es innegable que el Programa de Caminos de Mano de Obra, a pesar de ser totalmente positivo, no podía, de manera aislada, resolver tan graves problemas como el empleo, la balanza de pagos o la independencia tecnológica; sin embargo, fue una valiosa experiencia que permitió concluir que la utilización intensiva de mano de obra debería continuar de manera programada y ampliada a otros sectores, cuando menos de la obra pública".

II.5 **EVALUACIÓN ECONÓMICA DE CAMINOS RURALES EN GUATEMALA 1978**

La conveniencia de aplicar la "tecnología mano de obra intensiva" para construir caminos rurales, en comparación con la "tecnología intensiva en maquinaria" ha sido sujeta de estudios por dependencias normativas y de financiamiento de programas de infraestructura carretera del país; también por organismos como la Comisión Ejecutiva para la América Latina (CEPAL), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el Programa Regional del Empleo para América Latina y El Caribe (PREALC), así como por los organismos de financiamiento externo como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial.

El Banco Interamericano de Desarrollo financió en 1978 la realización del Proyecto de Construcción de Caminos Rurales con la Utilización de Tecnologías Intensivas de Mano de Obra en la República de Guatemala, encomendado al autor de este libro.

El documento con los resultados, conclusiones y recomendaciones del proyecto mencionado en el párrafo precedente, contiene un capítulo dedicado a la "evaluación socioeconómica de las alternativas mano de obra intensiva y maquinaria intensiva", a cargo del economista argentino Elio Londero.

Para la evaluación, ambas tecnologías fueron sometidas a un análisis de costo–beneficio, aplicando la metodología desarrollada por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en 1972.

II.6 **EVALUACIÓN DE LA PROMOCIÓN DE CAMINOS RURALES CON USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA 1983**

En 1983 se efectuó la Evaluación de la Promoción, pues de ella dependía, en gran parte, el éxito en la realización de los trabajos con el uso intensivo de mano de obra local.

La encuesta se aplicó a todos los promotores —en aquél año se contaba con personal que efectuaba tan importante actividad en cada una de las entidades federativas— y los siguientes son algunos de los resultados.

II.6.1 **Promoción en el estado de Colima**

Situación. En el camino El Chanal-Acapacha, la gente no quiso cooperar en su realización, debido a que el monto de la remuneración era muy bajo.

Acción. Se levantó un acta circunstanciada firmada por las autoridades locales, en la que se señalaron las razones por las que los habitantes de esos poblados se negaron a cooperar en la realización de la obra.

II.6.2 **Promoción en el estado de Guanajuato**

Situación. Los jornaleros que trabajaban en la construcción del camino recibían no un salario sino un incentivo. Sin embargo, en actividades tales como la extracción de material para revestimiento, realizada por barreteros a mano, la formación de contra cunetas y obras de drenaje, que requerían personal especializado, solicitaron que se les otorgara "un incentivo y medio".

Acción. No hubo ninguna posibilidad de acceder a esa petición, dado que se prestaría a malas interpretaciones por parte de los demás miembros del comité que se preguntarían "¿por qué a unos les dan más que a otros?"

Si se requería contratar albañiles o personal capacitado —debidamente justificado—, se hacía con cargo a partidas presupuestarias específicas.

II.6.3 **Promoción en el estado de Oaxaca**

Situación. En las acciones de promoción programadas en la Mixteca Alta y la Mixteca Baja, los comunitarios no asistían a las asambleas porque no tenían en qué transportarse.

Acción. En efecto, en poblados dispersos fue un problema juntar a la gente. No obstante, con apoyo de los líderes y autoridades locales, la invitación se trasmitía señalando a los jefes de familia interesados en la construcción del camino, que debían trasladarse por sus propios medios.

II.6.4 **Promoción en el estado de Oaxaca**

Situación. En algunas obras se retrasaba varios días la distribución del incentivo económico a los jornaleros, quienes reclamaban la entrega del mismo el día en que se terminaba la quincena.

Acción. Durante la promoción se explicó a los futuros jornaleros, la posibilidad de que la entrega del incentivo se retrasara unos días, ya que no era posible llegar a todos los frentes de trabajo en el estado el mismo día que terminaba la quincena.

II.6.5 **Promoción en el estado de Chiapas**

Situación. En algunas regiones, la mayoría de los habitantes no hablaba —ni habla— español.

Acción. Con los grupos étnicos fue necesaria la participación de intérpretes del Instituto Nacional Indigenista, como auxiliares del promotor.

II.6.6. **Promoción en el estado de San Luis Potosí**

Situación. En las zonas ixtlera, media y altiplano del estado, se cuantificaba el monto de los incentivos de los jornaleros recorriendo el tramo y evaluando lo realizado en la quincena, por kilómetro.

En la "huasteca", la mano de obra de los jornaleros fue gratuita, pagándose únicamente al personal especializado.

Acción. El procedimiento fue el adecuado en ambos casos.

II.6.7 **Promoción en el estado de Tabasco**

Situación. El recibo de pago se elaboraba para justificar el volumen de obra realizado por los jornaleros y tenía que ser firmado por el tesorero de la Asociación, el residente y el delegado administrativo. Esto último retrasaba la distribución de las gratificaciones en algunos frentes.

Acción. Se trataba de una disposición de carácter administrativo y fue necesario cumplirla; aspecto que el promotor aclaraba directamente y también lo hacían los representantes de la comunidad a sus vecinos.

II.6.8 **Promoción en el estado de Tamaulipas**

Situación. En el monte, por la influencia de los ingenios azucareros, la gente no participó en la construcción de las obras. En cambio, en la región de Tula los habitantes rurales respondieron positivamente.

Acción. En las zonas productivas la adecuada estacionalidad para desarrollar los trabajos ha permitido obtener el apoyo de los comunitarios, pues no se trata de competir con las actividades agropecuarias que desarrolla la gente en forma cotidiana.

II.6.9 **Promoción en el estado de Zacatecas**

Situación. La cooperación de la Secretaría para la Asociación se cuantifica en función del volumen y la clasificación del terreno y por lo tanto, calculando, entre otros rubros, el número de tareas necesarias por kilómetro. Los miembros de la Asociación han objetado que a ese importe se le reste el correspondiente por materiales de construcción de origen industrial para las obras de drenaje, los acarreos de los materiales para la capa de revestimiento y los gastos de ingeniería.

Acción. El promotor explicó en su oportunidad que el costo por kilómetro de camino no considera únicamente el valor de la mano de obra de los jornaleros, sino el de todos los insumos necesarios para efectuar las actividades de construcción.

II.7 **EVALUACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS RURALES CON USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA 1990**

A fin de certificar el conocimiento de las normas de proyecto y de la construcción de caminos rurales, la Dirección General de Construcción y Conservación de Obra Pública de la SCT diseñó y aplicó una encuesta técnica dirigida a los residentes generales y residentes de obra a cargo de la construcción y del mantenimiento de los caminos rurales, en 1990.

Los siguientes son algunos de los resultados de la encuesta.

Derecho de vía

- En 35% de los caminos construidos es de diez metros en terreno montañoso y secciones en cajón.
- En 35% de 15 metros en lomeríos con secciones de terraplén; y en el 30% restante de 20 metros en terraplenes en planicies.

Ancho de corona en curvas horizontales

- 90% consideró la posibilidad de modificar el ancho en lugar de construir libraderos

Ancho y distancia entre libraderos

Tipo de terreno	Por ciento de opiniones	Distancia en metros
Plano	47% 36% 12%	300 500 400
Lomerío	22% 58% 20%	200 250 300
Montañoso	24% 35% 11%	150 200 300
Escarpado	27% 11% 39%	100 150 200

En 75% de los caminos se construyeron libraderos.

Pendiente máxima

- En 67% es de 12 %.
- En 33% se aplica un 10 %.

Empedrado en tramos críticos

- 39% en pendientes del 8 %.
- 14% en pendientes del 10 %.
- 38% en pendientes del 12 %.

Tránsito diario promedio anual

- En 14% de los caminos el tránsito rebasó los 50 vehículos.
- En 55% se detectaron 75 unidades.

Sobre elevación en curvas

- 47% aplica el 8 % y el 53% el 10 %.

Proyectos de localización

- En 91% de los casos, la elaboración de los proyectos de localización se hizo apoyándose en los mapas del INEGI.

Proyectos de obras de drenaje

- 64% de los residentes elaboró los proyectos de obras de drenaje adaptando los proyectos tipo de la SCT existentes.

II.8 **IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS CAMINOS RURALES 1972-1992**

La Dirección General de Caminos Rurales de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas inició la práctica de evaluar los resultados del mejoramiento de brechas y de la construcción de caminos de mano de obra en 1972.

Para ello, aplicó una metodología que consideraba estudios de gabinete y de campo, con recursos propios.

II.8.1 **Estudios de gabinete**

En gabinete se diseñó la encuesta que se aplicaría en la investigación del impacto, seleccionando la muestra de proyectos por evaluar.

Con los resultados de la encuesta, se verificó el cumplimiento de los objetivos identificados para el programa y su contribución a la obtención de aquellos de índole regional, sectorial y nacional.

Objetivos de los Programas de Caminos Rurales

- Económicos
- Sociales

Objetivos económicos

- Generación de empleo
- Incremento de la producción
- Cambio tecnológico
- Incremento en el valor de la tierra

Objetivos sociales

- Integración de la población
- Ordenamiento territorial
- Fortalecimiento municipal
- Incremento en el nivel de vida
- Organización y participación comunitaria
- Capacitación y adiestramiento de los jornaleros.

II.8.2 **Selección de la muestra por evaluar**

Fue la parte medular de la metodología. Incluyó caminos y poblados ubicados en distintos tipos de topografía, en zonas donde se construyeron caminos en apoyo de la producción ya existente o de integración de los poblados al resto del país o para facilitar la entrada de productos o la transportación de personas hacia lugares donde se encontraban los satisfactores que requerían.

La muestra consideró también las vías construidas con la tecnología intensiva en mano de obra o en capital; así como la antigüedad en la realización del camino.

II.8.3 **Investigación de campo**

Se recurrió a la celebración de asambleas populares con asistencia de las fuerzas vivas de cada comunidad, dirigidas por personal especializado en el área de investigación social y económica.

En ellas participaba el promotor, el residente o personal técnico de la residencia que tuvo a su cargo la dirección y supervisión de los trabajos de construcción y el que tenía encomendado su mantenimiento, así como los beneficiarios del camino y sus representantes.

El procedimiento anteriormente descrito se utilizó para la evaluación de resultados socioeconómicos del programa de caminos de mano de obra en 1984.

Para ese año, las brechas mejoradas y los caminos construidos a partir de 1967 tenían más de diez años de haberse construido.

II.8.4 **Resultados de la evaluación 1984**

Los que siguen son algunos de esos resultados.

Tipo de vehículos usuarios en caminos rurales	
Automóviles particulares	27%
Vehículos de pasajeros	9%
Transportes de carga	64%

Obras y servicios realizados después de la construcción del camino	
Luz eléctrica	22%
Agua potable	17%
Centro de salud	10%
Riego	8%
Correo	5%
Teléfono	4%
Telégrafo	3%
Drenaje	2%
Otros	12%

Únicamente el 17% de las comunidades no recibió ninguna obra ni servicio adicional a los que ya tenían.

En cuanto al incremento de las actividades agrícolas, los resultados fueron los siguientes:

Incremento de las actividades agrícolas después de la construcción del camino	
Aumento en el volumen de producción	35%
Aumento en la tierra cultivable	23%
Aumento en la compra de abono	21%
Aumento en la compra de semilla	17%

Sólo en el 4% de los poblados rurales no se había presentado ningún aumento en sus actividades agrícolas.

II.8.5 **Resultados de la evaluación en 1994**

Esta metodología se aplicó nuevamente en 1994 para hacer la evaluación de las diversas etapas de construcción de caminos rurales, y se obtuvieron los siguientes resultados.

1967–1972	
Objetivo	Grado de cumplimiento estimado
Integración de comunidades de 500 a 2500 habitantes	100 %
Unir los caminos rurales construidos con vías de comunicación ya existentes	100 %
Utilización de recursos de la región	40 %
Proyecto de localización	50 %

1972–1982	
Objetivo	Grado de cumplimiento estimado
Integrar comunidades de 500 a 2500 habitantes	100 %
Enmarcar los caminos rurales dentro del Programa de Desarrollo Rural	100 %
Utilizar lo más posible recursos de la región	100 %
Usar en forma intensiva la mano de obra desempleada y subempleada	100 %
Mejorar brechas existentes para hacerlas transitables todo el año	100 %
Generación de empleo	100 %

II.8.6 **Empleos generados**

Un comentario especial merece el logro del objetivo de "generación de empleo".

- En el mes de febrero de 1973 participaron 175 mil jornaleros en la Construcción de Caminos Rurales. 3 500 000 jornales en total.
- El promedio diario de fuerza de trabajo en el periodo 1971-1976 fue de 71 mil, lo cual arroja la cifra de 1 420 000 jornales mensuales.
  17 040 000 jornales por año.
  102 millones de jornales en el periodo.

II.8.7 **Cumplimiento de los objetivos del Programa de Caminos Rurales**

1982-1992	
Objetivo	Grado de cumplimiento estimado
Integrar comunidades de 200 a 2 500 habitantes	100 %
Enmarcar los caminos rurales dentro del Programa de Desarrollo Rural	100 %
Adaptar una tecnología intermedia entre las alternativas uso intensivo de mano de obra y uso intensivo de equipo	100 %
Adecuar una tecnología a la optimización de los recursos regionales más abundantes (mano de obra y materiales)	100 %
Adecuar la tecnología local a los recursos presupuestarios asignados a cada camino	100 %

II.9 **EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE EMPLEO DE EMERGENCIA 1995**

En 1995, dentro del Programa de Empleo de Emergencia, correspondió a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la realización del Programa de Conservación de Caminos Rurales, con uso intensivo de mano de obra a través del Fideicomiso Conacal.

Para la distribución de los recursos financieros destinados al mismo, se establecieron los indicadores que se enumeran a continuación y que fueron evaluados para comprobar el grado de satisfacción alcanzado.

- Población rural.
- Desempleo rural.
- Grado de pobreza.
- Precipitación pluvial media anual (en mm).
- Red rural (en kilómetros).

II.10 **EVALUACIÓN INTERNA DEL PROGRAMA DE EMPLEO TEMPORAL 2000**

Hasta 1999 el Programa de Empleo Temporal consideraba la construcción, modernización, conservación y reconstrucción de caminos rurales.

A partir del año 2000 incluyó únicamente la conservación y reconstrucción de caminos rurales y mejoramiento de brechas.

Las reglas de operación del PET implicaron desde su aparición la evaluación interna del programa, que considera dos vertientes: seguimiento y evaluación.

Para la evaluación interna se utilizaron los indicadores que se mencionan a continuación:

Indicador 1. Generación de empleo temporal.

Descripción. Total de empleos temporales generados. Total y por estado.

Indicador 2. Atención geográfica de empleos temporales generados.

Descripción. Empleos temporales generados por el PET en microrregiones y otros municipios prioritarios, divididos entre empleos temporales programados por el PET, multiplicados por 100.

Indicador 3. *Operativo y de servicio.*

Descripción. Empleos temporales generados dividido entre empleos temporales programados, multiplicados por 100.

Indicador 4. *Programático–presupuestal*

Descripción. Recursos destinados para mano de obra, dividido entre recursos totales del PET normal, multiplicados por 100.

Indicador 5. *Programático–presupuestal*

Descripción. (Recursos ejercidos) divididos entre recursos programados (SHCP), multiplicados por 100.

Indicador 6. *Programático–presupuestal*

Descripción. Recursos ejercidos en microrregiones y otros municipios prioritarios divididos entre recursos totales ejercidos, multiplicados por 100.

Indicador 7. *Seguimiento y evaluación.*

Descripción. Número de empleos para mujeres dividido entre el total de empleos, multiplicados por 100.

Los resultados de la evaluación se enviaban al Sistema Integral de Información del Programa de Empleo Temporal (SIIPET).

II.11 **EVALUACIÓN EXTERNA DEL PROGRAMA DE EMPLEO TEMPORAL 2000-2007**

Las reglas de operación establecen también la evaluación externa de los resultados del PET normal, la cual se realiza conforme a los términos de referencia que establecen colegiadamente los representantes de las dependencias participantes en el seno del comité técnico del programa.

Esta evaluación externa ha sido realizada por instituciones académicas del país.

II.11.1 **Antecedentes**

En materia de evaluación externa se han efectuado varios ejercicios. El primero fue un estudio preliminar y una propuesta de términos de referencia para la evaluación del Programa de Empleo Temporal, elaborados en el año 2000 por el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE).

La segunda práctica fue la evaluación externa realizada en el 2001 por la Universidad de Colima.

En tercer término se encuentran las evaluaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X) para los años 2001 a 2003.

Todos esos estudios sentaron las bases para el mejoramiento continuo del programa.

Resultados de la evaluación externa del PET realizada por la Universidad de Colima en el 2001

- Empleos generados en zonas de alta y muy alta marginación del país: más de un millón de empleos estacionales.

- Beneficiarios del programa que se encuentran arriba de la línea de extrema pobreza: 60.16%
- Conservación y reconstrucción de 62 257 kilómetros de caminos rurales.
- Fortalecimiento de la infraestructura social de las regiones donde opera el programa.
- Evidencia de una mayor participación de la mujer.
- Incidencia en el ingreso y gasto familiar.
- Impulso a la actividad productiva.
- Efectividad de las tecnologías para la conservación de recursos naturales.

II.11.2 **Términos de referencia para la evaluación externa 2003**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes dictó en el 2001 las políticas para la asignación de recursos a los estados para la atención y desarrollo de los caminos rurales y alimentadores.

El Programa de Empleo Temporal tendría que realizarse tomando en cuenta los siguientes parámetros.

Parámetros para la distribución de los recursos del PET

Mantenimiento de caminos rurales

- Nivel de marginación
- Topografía
- Longitud de la red
- Precipitación pluvial

Parámetros para la distribución de los recursos del PET

Modernización y construcción de caminos rurales

- Nivel de marginación
- Topografía
- Densidad de la red
- Densidad de población

El nivel de marginación se obtuvo del estudio realizado en conjunto por el INEGI y la Conapo, que consideraron como principales factores los porcentajes de:

- Población analfabeta
- Ocupantes de vivienda sin drenaje
- Ocupantes de vivienda sin energía eléctrica
- Ocupantes de vivienda sin agua entubada
- Ocupantes de vivienda con hacinamiento
- Población económicamente activa (PEA) que gana hasta dos salarios mínimos

El indicador "topografía" para cada entidad federativa se determinó con base en la topografía predominante en la que se ubican los caminos rurales, clasificándola en cuatro niveles:

Nivel	Topografía
1	Terreno plano
2	Lomerío suave
3	Lomerío fuerte
4	Terreno montañoso

Para la longitud de la red rural, a mayor número de kilómetros en cada estado se asignarían más recursos.

Para el indicador de precipitación pluvial, al considerar que este fenómeno climatológico incide con mayor grado en el deterioro de los caminos rurales, con base en las estadísticas de precipitación pluvial por entidad federativa se determinaron cinco niveles de prioridad para la distribución de recursos.

II.11.3 **Resultados**

Entre las principales aportaciones de las evaluaciones externas efectuadas, se pueden mencionar los resultados de la evaluación externa del pet realizada por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco 2001–2002

- Niveles de focalización en la atención de localidades potenciales del PET: 85%.
- Focalización de la población mayor de 16 años: 39% para 2001 y 28% para 2002.
- El análisis de costo beneficio fue satisfactorio con valores superiores a uno.
- El impacto en los beneficiarios consistió en la menor propensión a la migración así como en cierta superioridad en el consumo y en la estructura del gasto.

II.11.4 **Análisis estratégico del PET por matrices DOFA**

Producto de los resultados y las recomendaciones derivadas de la evaluación 2001, se hicieron modificaciones significativas a las reglas de operación, y las evaluaciones realizadas por la UAM-X incorporaron instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo a los procedimientos de medición de impactos y determinación de eficacia y eficiencia del programa.

La UAM-X introdujo para la evaluación externa el análisis estratégico del PET, por matrices DOFA.[1]

Para el 2006, la matriz DOFA de participación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el PET estaba integrada por los siguientes cuatro variables clave:

DEBILIDADES (D)

- La reducción presupuestal, sumada a la de personal capacitado para atender las obras y acciones del programa en el campo, le restan posibilidades de incidir en los poblados de la misma forma en que lo hacían años atrás.
- La manera, un tanto mecánica, en que se organizan los trabajos por haberse repetido durante más de diez años.

OPORTUNIDADES (O)

- Los caminos representan un beneficio directo para los participantes de las localidades, porque les permite transportarse y recibir bienes de otros poblados.
- La comunicación es importante porque propicia la aparición de otras oportunidades de trabajo.

[1] La matriz o análisis DOFA es una meodología de estudio que se usa para determinar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de un producto u organización.

FORTALEZAS (F)

- La SCT planifica sus trabajos con anterioridad al inicio del ejercicio anual. Por lo mismo, realiza inspecciones en el campo y recibe sugerencias de las localidades y de los gobiernos municipal y estatal.
- Así pueden atenderse las necesidades más urgentes y tener los caminos en buenas condiciones.

AMENAZAS (A)

- La creciente migración masculina obliga a una planeación diferente de las actividades, que se basa en la capacidad física de quienes pueden ejecutar los trabajos.
- También obliga a una conceptualización diferente, que muchos de los actores se manifiestan renuentes a intentar, sobre las capacidades físicas de quienes permanecen y pueden participar en los trabajos del PET.

II.11.5 **Futuros posibles para la participación de la SCT en el PET**

Esas variables clave han llevado a las cuatro situaciones o futuros posibles para la participación de la SCT en el PET, que se describen a continuación:

A) Situación Debilidades–Oportunidades

SITUACIÓN (D–O)

- Las restricciones en cuanto a los montos aplicables para la atención de la red rural de caminos y el escaso apoyo por parte de otras instituciones hacen que al optimizar la planeación se dejen fuera vías camineras que requieren atención.
- Como no hay otra instancia que realice estas labores, es de preverse que en futuros ejercicios se requerirá un mayor presupuesto para la reconstrucción que para el mantenimiento de los caminos, al tiempo que las poblaciones ven que éstos empeoran sin poder solucionar la situación.

B) Situación Fortalezas–Oportunidades

SITUACIÓN (F–O)

- La buena planeación no sólo consiste en la revisión en campo del estado físico de los caminos, sino en el conocimiento previo del techo presupuestal con que cuentan los operadores en cada estado.
- Los beneficiarios participan con entusiasmo porque conocen las ventajas inmediatas que estas obras les representan.

C) Situación Debilidades–Amenazas

SITUACIÓN (D–A)

- Una atención prejuiciada a las comunidades disminuye la oferta por parte de la Secretaría.
- El cambio en el perfil de las localidades —pueblos de mujeres y ancianos—, obliga a los operadores estatales a cambiar su estrategia por una en la que se incluya a la población según sus capacidades para participar en trabajos de este tipo, que les son tan necesarios.

D) Situación Fortalezas–Amenazas

SITUACIÓN (F–A)

- La buena planificación del trabajo en el PET por parte de los operadores estatales y las oficinas centrales de la SCT pueden disminuir en buena medida los efectos que la migración trae consigo en las poblaciones de las zonas marginadas donde opera el programa, caracterizadas por la presencia mayoritaria de mujeres, ancianos y adolescentes.

II.11.6. **Variables clave**

La UAM-X ha identificado así mismo las variables clave en entrevistas en profundidad por dependencia. Para la SCT, en el 2006, son:

DEBILIDADES

- Reducción presupuestal.
- Disminución del personal de base y "congelamiento" de las plazas.
- Imposibilidad de alentar demandas en zonas conurbadas.
- Nula colaboración de las autoridades municipales.

OPORTUNIDADES

- Amplia experiencia sobre el trabajo a desarrollar.
- Conocimiento de la problemática y del estado de la red rural.
- Capacidad de planeación de actividades.
- Incremento en las medidas de transparencia.

FORTALEZAS

- Buena recepción de las propuestas por parte de las comunidades.
- Retroalimentación de los beneficiarios.
- Fortalecimiento de la Contraloría Social.

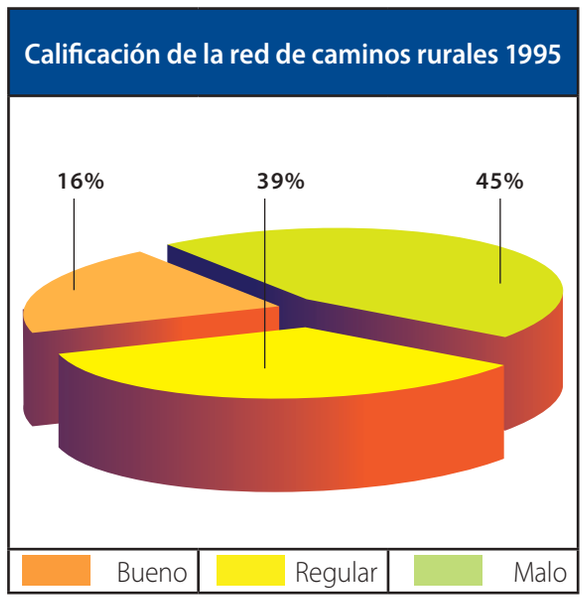
AMENAZAS

- Aumento en el monto del jornal.
- Incremento en el costo por kilómetro.
- Aumento en la migración masculina que obliga a interiorizar en los operadores la revaloración del papel de las mujeres.

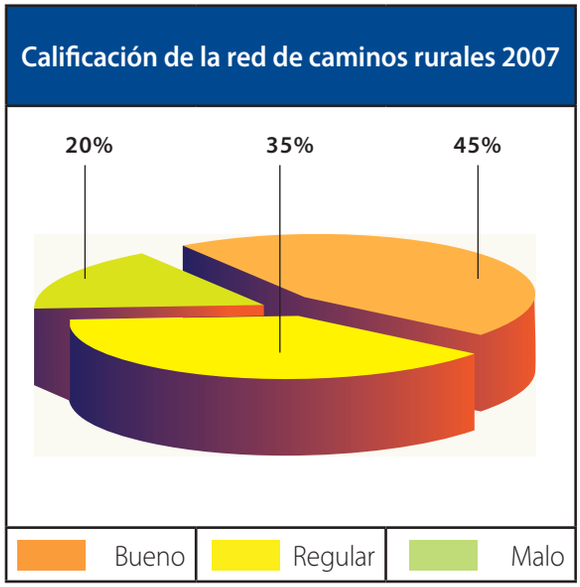
II.12 **ESTADO FÍSICO DE LA RED DE CAMINOS RURALES 1995–2007**

La calificación del estado físico de los caminos rurales se ha realizado en diferentes épocas aplicando las *Normas para calificar el estado físico de un camino* de la SCT, las cuales consideran las características siguientes: la corona, el drenaje, el derecho de vía o desyerbe y arreglo de taludes y el señalamiento.

Las calificaciones obtenidas se afectaron por factores para valorizar su importancia respecto del servicio eficiente que proporcione cada camino, obteniéndose calificaciones ponderadas que permiten determinar si un camino está en buenas, regulares o malas condiciones de transitabilidad.



Las siguientes son algunas de las estadísticas estimadas con relación al estado físico de la red rural.



II.13 IMPACTO DEL ESTADO FÍSICO DE LOS CAMINOS RURALES EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

En la planeación, programación y presupuestación de los recursos destinados para los programas de caminos rurales, es importante evaluar el impacto que sobre la economía nacional representan los costos de operación vehicular de los automotores usuarios de la red.

Los caminos en mal estado elevan el costo del transporte terrestre. Cuando no se hacen las inversiones necesarias de conservación se crean costos ocultos muy superiores a los de mantener y restaurar los caminos. La mayor parte de esos costos adicionales recae sobre los usuarios de las vías de comunicación.

Por lo anterior, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) adaptó el programa VOCMEX, desarrollado por el Banco Mundial, para las condiciones de nuestro país, con el fin de calcular los costos de operación de los vehículos.

II.13.1 Cálculo de los costos de operación

El procedimiento de cálculo consta de los siguientes pasos:

1. Se actualizaron los costos unitarios de los insumos.
2. Se consideraron los parámetros recomendados por el IMT para determinar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).
3. Las residencias generales de carreteras alimentadoras, a cargo de los caminos rurales, proporcionaron información para determinar el tránsito diario promedio anual (TDPA) y el estado físico de la red.
4. Se confirmaron las especificaciones Tipo "E" para los caminos rurales, con superficie de rodamiento revestida, ancho de corona para un solo carril de circulación y tránsito diario promedio anual de 60 vehículos.
5 Se consideró un camión ligero Ford F-350 a gasolina, con carrocería de redilas, que circula por caminos con diversas condiciones topográficas y distintos estados físicos de la superficie de rodamiento.

Tipo de terreno	Costos de operación (pesos/km)		
	Condiciones de la superficie de rodamiento		
	Buenas	Regulares	Malas
Plano	4.5	5.4	6.5
Lomerío	5.4	6.4	7.8
Montañoso	6.6	7.6	8.9
Promedio	5.5	6.5	7.7

Se llegó a la conclusión de que el sobrecosto de operación vehicular relacionado con el estado superficial de los caminos rurales, definido por la diferencia en los costos de operación que se tiene entre regulares y malas condiciones con respecto al que se encuentre en buen estado, es del 19 y 40 % en promedio.

Al tomar en cuenta las condiciones físicas de los caminos rurales reportadas para 1994: 31% en buenas condiciones, 46% en regulares y 23% en malas condiciones, se obtuvieron los siguientes sobrecostos.

II.13.2 **Sobrecosto del vehículo al circular en regulares condiciones de la superficie de rodamiento**

Datos

- Longitud en regulares condiciones: 51980 kilómetros.
- Aforo vehicular (TPDA): 60 vehículos.
- Diferencial en costo de regular a buena (6.5-5.5) pesos por kilómetro.
- Días del año: 365.

Cálculo

- 51 980 x (6.5-5.5) x 60 x 365 = 1 138 millones de pesos.

II.13.3 **Sobrecosto del vehículo al circular en malas condiciones de la superficie de rodamiento**

Datos

- Longitud de red en malas condiciones: 25 990 km.
- Aforo vehicular (TPDA): 60 vehículos.
- Diferencial en costo de mala a buena (7.7-5.5) pesos por kilómetro.
- Días del año: 365.

Cálculo

- 25 990 x (7.7–5.5) x 60 x 365 = 1 252 millones de pesos.

BIBLIOGRAFÍA

Bracamontes, Luis Enrique, "¿Qué es un camino vecinal? Primer Seminario de Caminos Vecinales organizado por la Secretaría de Obras Públicas y la Asociación Mexicana de Caminos. México, 1970.

Fondo de Emergencia Social. "Proyecto de desarrollo humano". Informe de la Consultoría del ingeniero Raúl Salas Rico "Diseño de instrumentos para proyectos de infraestructura vial rural de la República de Panamá". Panamá, 1994.

Imaginación y realidad. Pintura indígena infantil. México, SEP, 1980.

Caminos y mano de obra. México. Secretaría de Obras Públicas, 1975.

Caminos y Desarrollo. México, Secretaría de Obras Públicas, 1925-1975.

Organización Internacional del Trabajo. "Programa regional del empleo para América Latina y el Caribe (Prealc). Construcción de caminos rurales con tecnologías de mano de obra intensiva en Guatemala", 1979.

PREALC/OIT/PNUD. "Metodología para la coordinación general del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados".

PREALC/OIT/PNUD, "Metodología para la elaboración de perfiles de programas especiales de empleo rural". Raúl Salas Rico, Consultor. Tegucigalpa, Honduras, 1988.

Políticas para la asignación de recursos a los estados para la atención y desarrollo de los caminos Rurales y Alimentadores. México, SCT, 2001.

Quintana, Enrique, "Hay pobres y pobres", en Reforma.

Reglas de operación del programa de empleo temporal 2001-2008. México, SCT, 2001.

CAPÍTULO III. ***Promoción***

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO III. ***Promoción***

Dadas las condiciones sociales que guardaba el país a fines de la década de 1960 y al inicio de la siguiente, la promoción se convirtió en una de los pilares que soportaron el desarrollo de uno de los programas sociales de más éxito en el país: la construcción de caminos con uso intensivo de mano de obra.
Los promotores, con mística y determinación, efectuaron numerosos recorridos —a pie o a caballo— para llegar hasta los asentamientos más remotos, a fin de tomar en cuenta a todos los poblados que pudieran ser beneficiados con la realización de una vía carretera rural.
La experiencia de esos promotores permitió institucionalizar las técnicas promocionales que a la fecha permiten formar "Comités pro Beneficiarios" para colaborar en el Programa de Empleo Temporal.

III.1 **INTRODUCCIÓN**

Al analizar las condiciones del medio rural y detectar la gran cantidad de fuerza de trabajo disponible, se determinó que la misma podía emplearse en la ejecución de cierto tipo de obras públicas, con un doble propósito: que recibiera un salario que mitigara su crítica situación económica y construyera su infraestructura y equipamiento.

En 1967, 90 mil localidades menores de 2 500 habitantes, que representaban el 40% de la población, padecían de aislamiento.

No disponían ni siquiera de brechas que les aseguraran la transitabilidad esporádica; la mayoría carecía de luz, agua potable y drenaje.

Las instalaciones escolares eran escasas y la comercialización de sus productos se daba en forma deficiente, lo que traía como consecuencia un gran retraso no sólo en lo económico, sino en lo social y, desde luego, en lo político.

Por ello era indispensable organizar a las comunidades y capacitarlas a fin de lograr su participación efectiva, revitalizar su vocación ancestral de colaboración, en acciones de beneficio colectivo, con la consigna de que la organización comunitaria planificada por la Dependencia a cargo del programa caminero debía tomar en cuenta su organización social, sus costumbres, tradiciones y estilo de vida.

La organización de los comunitarios ha sido un proceso cambiante a partir del Comité Pro Camino, institucionalizado con el programa de caminos rurales de acceso en 1967, hasta el comité de beneficiarios actual.

III.2 **GENERALIDADES**

Los funcionarios públicos en la década de 1960 afirmaban que por lo general los habitantes de los poblados rurales se mostraban insensibles hacia las obras de bajas especificaciones, pues pensaban que la tecnología que se aplicaba era inapropiada.

Sin embargo, cuando se hacían con equipo y maquinaria de construcción, los comunitarios eran simples observadores. En el caso de los caminos vecinales que se realizaban con recursos tripartitas, esperaban siempre la construcción de una carretera pavimentada, y no una vía de terracería revestida.

Con la creación del Programa de Caminos de Mano de Obra se pudo observar que en las comunidades donde se construyeron este tipo de caminos, la mentalidad de los habitantes cambió, al grado que reconocieron las ventajas de la aplicación de tecnologías intensivas en mano de obra; de tal forma que manifestaron su complacencia cuando, después de la construcción del camino, llegaron algunos servicios a sus poblados.

La experiencia demuestra que cuando un grupo de comunitarios detecta un problema, juntan a los demás vecinos interesados en solucionarlo y crean una asociación natural, sin legar a la formalidad que se ha institucionalizado para la realización de programas de infraestructura y desarrollo rural con la tecnología intensiva de mano de obra local.

También fue claro que la participación de los habitantes rurales no debería organizarse únicamente para los trabajos de construcción, sino hacerla extensiva para la operación y conservación de las obras.

Para ello, se estudió y desarrolló la promoción más adecuada, a fin de convencer a los comunitarios acerca de la necesidad de la obra, sin cometer el error de creer que aquello que es bueno para la dependencia que planifica es excelente para los habitantes del medio rural.

Fue necesario iniciar la práctica de concientización y sensibilización de los beneficios de los programas sociales, a fin de que las comunidades utilizaran la incipiente organización para la obtención de objetivos comunes.

Por lo expuesto, se llegó a establecer que no se construyera ningún camino sin la debida promoción, ya que se corría el riesgo de que la duración de los trabajos se prolongara sin necesidad, no se tuviera interés por verla en operación, ni se participara posteriormente en su conservación.

III.3 **CARACTERÍSTICAS DE LA PROMOCIÓN**

III.3.1 **¿Qué es la promoción?**

La promoción consiste en aplicar métodos adecuados de comunicación, sensibilización y concientización a fin de provocar, mantener y acrecentar las relaciones entre las comunidades rurales y los representantes de las dependencias y entidades encargadas de la realización de programas de obras públicas en el medio rural.[1]

Lo anterior obedece a que hasta la década de 1960, era práctica común considerar a las comunidades rurales como entidades que debían someterse a los designios gubernamentales, por las buenas o por las malas.

Así, las dependencias y servidores públicos atendían los programas de desarrollo rural sin captar la cooperación de los comunitarios para que participaran en la identificación de sus requerimientos, darles la debida prioridad y proceder a su ejecución.

A partir del criterio de que el desarrollo de ese sector social debe partir del deseo de superación de sus propios componentes, la promoción se encargó de inducirlos a solicitar la ayuda técnica y/o económica

[1] Salinas de Gortari, Raúl, *La ingeniería para la infraestructura del medio rural,* Editorial Penélope. México, 1982. En la página 22 se puede leer "Además de lo cuantitativo, hay que considerar que el medio rural está compuesto por una diversidad de formas de producción, que implican a su vez, particulares rasgos de organización del trabajo, determinadas técnicas, además de lazos culturales, étnicos, costumbres y tradiciones".

de las dependencias o entidades a cargo de los programas de beneficio social, y a organizarse en forma conveniente para su participación en la planeación, la identificación y la priorización de sus necesidades.

Además, no bastaría que la comunidad solicitara y participara en la construcción de la obra. La operación de la misma estaría destinada al fracaso si la promoción no hubiera dejado una huella profunda en los habitantes del medio rural, que los obligó no sólo a hacer un uso racional de aquellos, sino a efectuar las actividades mínimas o esenciales de mantenimiento.[2]

Por otra parte, si el afán de superación no era manifestado directamente por los habitantes rurales, la obra que llegara a ser construida podría convertirse —a pesar de su beneficio— en una barrera entre gobernantes y gobernados.

La necesidad de la obra debían sentirla los comunitarios y la decisión de realizarla partiría, en principio, de los habitantes de la comunidad que se beneficiaría con la misma.

Si una comunidad decidía —por determinadas razones que eran certificadas mediante las acciones de la promoción— no aportar ningún esfuerzo para la realización de la obra, se aconsejaba no dar ningún paso por parte de la dependencia normativa, hasta lograr convencerla de lo indispensable de su apoyo y que sin él no sería posible llegar a programarla y mucho menos a realizarla.

La promoción trataba de sensibilizar a la comunidad para que como grupo hiciera suyo el deseo de constituirse en un núcleo de acción organizado,[3] de manera que se produjera el cambio que los impulsara a "la autosuficiencia para gestionar el apoyo de las instancias gubernamentales, al reconocimiento de los recursos existentes en la comunidad, a la organización conveniente, a la solidaridad para lograr obras de beneficio común, y a realizar la contraloría social para que los recursos financieros que se destinen a las mismas sean eficaces y eficientes.

Con base en lo expuesto en párrafos anteriores, se tomaba el parecer de los comunitarios, sin incrementar o sostener el tradicional paternalismo, sino con la tendencia de desterrarlo; tratando de evitar llegar al otro extremo, o sea a la imposición de proyectos y programas, porque llevaría implícito el desinterés de los habitantes beneficiados con la construcción de la obra; apatía que se reflejaría en su nula o escasa colaboración para operar y/o conservar las obras, como ha quedado asentado previamente.

La promoción "es el paso inicial previo a la ejecución de la obra, ya que mediante ella se pretende concientizar, motivar y sensibilizar a los miembros de una comunidad, a efecto de que identifiquen sus carencias, y mediante esfuerzos compartidos, se integren en un grupo solidario que gestione la consecución de aquellas obras y servicios que les permita propiciar su desarrollo".[4]

III.3.2 **¿Para qué se efectúan las actividades promocionales?**

Mediante la promoción se trata de convencer a los comunitarios acerca de la conveniencia de que se

---

2 Los términos "mantenimiento" y "conservación" son sinónimos; y en el texto así se utilizarán.

3 "Manual de Promoción de Caminos Rurales". México, SAHOP, 1980.

4 Pruneda Padilla, Ramón, "La importancia de la Promoción en el desarrollo del Programa de Caminos Rurales de Acceso", ponencia presentada en el Primer Seminario de Caminos Rurales de Acceso. México, 1970.

organicen, con base en la familia, los núcleos agropecuarios existentes o las agrupaciones tradicionales; a través de cuya organización se capte la cooperación comunitaria para la ejecución de una o algunas de las etapas de la construcción de las obras.

Actividades promocionales que orientan a los habitantes del medio rural para:

- Identificar y dar prioridad a sus necesidades.
- Elegir a sus representantes.
- Ejecutar los trabajos con herramientas simples —semejantes a las que utilizan en sus labores agropecuarias.
- Organizarse para su participación en los programas sociales.
- Desarrollar labores de contraloría social.

Al entrar en contacto directo con los grupos, la Promoción, mediante de la motivación, debe percibir primero la capacidad de los grupos para modificar su actitud hacia las diversas etapas de la organización requerida, logrando con el tiempo su consciente toma de decisiones y el reconocimiento del valor que representan los esfuerzos conjuntos entre el sector público y el rural.

En su caso, tratará de cambiar la mentalidad que tenga la población respecto a las obras planificadas y realizadas en el pasado por diversas dependencias y entidades a cargo de los programas de desarrollo rural.

> De apática e incrédula, la comunidad se puede transformar en decidida y activa.

Con las acciones de sensibilización se busca que los comunitarios brinden, de manera voluntaria, la cooperación que se les solicita y se procura convencerlos y persuadirlos, con firmeza, de que la obra se desarrollará para beneficio propio y de sus descendientes.

III.3.3 ¿Cuándo se efectúa la promoción?

La promoción debe efectuarse una vez que se tenga la certeza de que la obra o servicio es realizable, es decir, cuando los recursos financieros estén autorizados.

Durante el proceso de ejecución de los trabajos se efectúan actividades promocionales con el fin de certificar que tanto la comunidad como la dependencia ejecutora dan cumplimiento a las obligaciones y a los derechos que llegado el momento, se hayan convenido.

No sería conveniente promover ninguna obra por el simple hecho de que una comunidad la solicite, porque la promoción tendría efectos negativos. Si la obra no llegara a programarse, los habitantes se desalentarían al continuar con desengaños.

Al finalizar los trabajos, los promotores intervienen en la entrega a la comunidad de la obra, para que participen en la operación y/o conservación correspondiente.

III.3.4 ¿Cómo se efectúa la promoción?

La promoción se realiza mediante investigaciones de campo y reuniones populares.

III.3.5 ¿Dónde se realiza la promoción?

Por lo general, las reuniones se efectúan en la propia comunidad, al aire libre, o en los locales que son facilitados para las mismas.

III.3.6 ¿Quiénes pueden realizar la promoción?

La promoción puede ser efectuada, previa capacitación, por:

- Líderes naturales o promotores locales.
- Profesionales de diversas disciplinas académicas

contratados para ese fin. En las primeras etapas de los caminos rurales, se nombraron promotores específicos y con el tiempo, los residentes de obra y otros servidores públicos heredaron esa función.
- Autoridades estatales, municipales y locales.
- Representantes de asociaciones campesinas.
- Promotores voluntarios de las denominadas organizaciones no gubernamentales (ONG).
- Pasantes de carreras profesionales interdisciplinarias a fin de que cumplan así con el servicio social requerido por la institución de educación superior.

III.3.7 **¿Cuáles serían los objetivos de la promoción?**

Con la promoción se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Lograr la mayor identificación posible entre la comunidad y los programas de tipo social o desarrollo rural.[5]
- Restablecer o incrementar la confianza en las dependencias o entidades.
- Crear una corriente de comunicación[6] continua que respete la idiosincrasia, intereses y simbolismos locales, pero canalice sus inquietudes hacia el descubrimiento de sus posibilidades de autogestión y desarrollo.
- Concientizar a los participantes en la ejecución de los trabajos, en el sentido de que ese adiestramiento o aprendizaje, o esa capacitación les puede ser de utilidad para la operación o conservación de las propias obras.
- Difundir los aspectos básicos de los programas.
- Informar debidamente a las comunidades sobre el uso correcto que deben hacer de las obras que lleguen a realizarse.

III.3.8 **¿Existen aspectos que pueden impedir la obtención de los objetivos de la promoción?**

La respuesta es afirmativa. Los siguientes son algunas situaciones que pueden originar una promoción ineficaz e ineficiente.

- El más importante de esos factores ocurre cuando se hace el ofrecimiento de construir la obra y no se cumple o se pospone su realización.
- Cuando con habilidad, el promotor impone la obra sin efectuar la debida labor de convencimiento acerca de su necesidad.
- Utilizar durante las asambleas populares, una terminología rebuscada y un léxico incomprensible para los asistentes, ya que en general poseen escasa o nula preparación intelectual.[7]
- No captar el apoyo de los líderes locales y desaprovechar su influencia en beneficio de la actividad promocional.
- No aclarar detalles importantes del programa u obra, que convenga hacer del conocimiento de los comunitarios.
- Que el promotor transmita información errónea sobre el programa u obra.
- Dejar dudas en las explicaciones o efectuar aclaraciones en forma incorrecta.
- Alargar, sin necesidad, la duración de las reuniones.

---

5 Definición de "desarrollo de la comunidad". "Proceso de acción social en el que la población de una comunidad se organiza para planificar y activar; define sus necesidades y problemas comunes e individuales, a fin de satisfacer sus necesidades y resolver sus problemas; ejecuta estos planes con un máximo de confianza en los recursos de la comunidad y en casos de necesidad, completa estos recursos con servicios y materiales procedentes de los organismos gubernamentales, ajenos a la comunidad". *Manual de cooperación Internacional de los Estados Unidos de América*, 1957.

6 Pardiñas, Felipe, *Manual de Comunicación Social*, editorial EDICOL, México, 1978.

7 "Micro planeación regional educativa". Colección sobre planeación estatal elaborada por la Dirección General de Planeación en 1982. En la introducción se afirma que el promedio nacional de escolaridad es de 4.7 grados, según datos de la SEP.

- Cuando se solicitan o exigen aportaciones fuera del alcance de los habitantes rurales.
- Cuando la mayoría de los jefes de familia de los poblados localizados en la zona de influencia de la obra no participan en las reuniones.
- Cuando no se detectan las diferencias políticas entre vecinos de un poblado o entre comunidades.
- Cuando los representantes de la comunidad son elegidos sin tomar en cuenta las distintas categorías o niveles sociales o tendencias ideológicas.
- Cuando los representantes comunitarios son impuestos por las autoridades locales, los vecinos más influyentes o los líderes locales.

III.3.9 **¿Qué técnicas de promoción de caminos rurales han sido las más utilizadas?**

Las técnicas más aplicadas en la promoción han sido la investigación mediante la aplicación de encuestas y las asambleas populares.

Una de las etapas más importantes de la promoción de caminos rurales ha sido la investigación socioeconómica de la comunidad.

En general, las investigaciones son efectuadas por trabajadores sociales. Sin embargo, en los caminos rurales fueron realizadas por un servidor público denominado promotor.

Para Dorothea Sullivan: "El trabajo social de grupo es el método mediante el cual el trabajador social ayuda a varios tipos de grupos para que funcionen de tal forma que la interacción dentro del grupo y las actividades contribuyan al crecimiento del individuo y a alcanzar objetivos sociales determinados".

A) ¿En qué consiste la investigación?

La investigación socioeconómica de la comunidad rural consiste en la aplicación de encuestas tanto socioeconómicas como técnicas, además de observaciones directas.

- Los objetivos de la investigación son de índole social o económica.
- Los trabajos de investigación son fundamentales en la definición de los puntos de vista de los beneficiarios en potencia, acerca de sus problemas y recursos disponibles para solucionarlos.
- La investigación permite identificar y dar prioridad a las obras que deben incluirse en programas de corto, mediano y largo plazos, o las que deben ser analizadas en el marco de otros programas, sea por su alto costo o porque no cumplen con los requisitos y limitaciones financieras preestablecidas en el programa que se promueve.
- Cuando sea el caso, los resultados de la investigación permiten seguir de cerca el desarrollo de las comunidades beneficiadas con las obras.
- En forma simultánea a la realización de los trabajos se aplica una encuesta de evaluación a los jornaleros, y con la información obtenida se certifica la aceptación o rechazo hacia los procedimientos constructivos, la situación económica y social de la familia y la manera en que distribuyen el gasto de la gratificación económica que se les otorga por su participación, entre otros.
- Las encuestas retroalimentan la decisión de continuar aplicando los procedimientos, actualizarlos o cambiarlos.

- Una vez terminada la obra se aplican otros cuestionarios para conocer el alcance de las políticas y/o certificar la obtención de los objetivos fijados para el programa.
- Estas encuestas se diseñan para ser contestadas por autoridades locales e integrantes de las mesas directivas de los comités, con el fin de evaluar el impacto de las obras en el individuo, la familia, la comunidad, la región y el país.
- Un ejemplo de estas encuestas se tienen en el libro *Caminos y mano de obra* editado por la SOP, las cuales fueron diseñadas por El Colegio de México.

B) ¿Cuántos tipos de entrevistas existen?

Se distinguen dos tipos de entrevistas: individuales y grupales.

B.1 Entrevistas individuales

- Es un método utilizado con el fin de obtener información de una persona seleccionada de antemano, con la seguridad de que puede proporcionar los datos requeridos.
- Es dirigida y condicionada.
- Se aplica mediante interrogatorio.
- Las preguntas deben formularse con claridad y sencillez para que las respuestas puedan sistematizarse.
- La cantidad de encuestas aplicadas debe constituir una muestra representativa de la población universo.
- Para que los resultados sean valederos, conviene establecer la metodología selectiva de los elementos por interrogar.
- Es común seleccionar a personas de edad avanzada, porque pueden suministrar información histórica acerca del desarrollo de la población, periodo y cuantía de temporada de lluvias y clima, entre otros aspectos, si no se tiene otro recurso para determinarlos.
- Las personas entrevistadas aportan información sobre la ubicación de posibles bancos de materiales de construcción o acerca de la prioridad de realización de obras detectadas como necesarias.

- Así mismo se entrevista al o a los líderes comunales, para conocer, por ejemplo, la conformación social de la comunidad.
- Otras personas por entrevistar son las autoridades de la localidad, para determinar el grado de apoyo que brindarán a la obra.
- Existen otros personajes que pueden entrevistarse, tales como el maestro de la escuela rural, el sacerdote de la pequeña iglesia y el dueño de la tienda.

B.2 Entrevistas grupales

Este tipo de entrevistas conviene efectuarlas aprovechando las reuniones que celebran los grupos en forma periódica para tratar asuntos de su interés.

Previamente deben investigarse algunos datos estadísticos existentes en la dependencia o entidad u otros organismos involucrados en los programas de desarrollo social o rural.

¿Qué se entiende por desarrollo rural o social?

Según el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (1957), el desarrollo rural o social son "aquellos procesos en cuya virtud los esfuerzos de una población, se suman a los de su gobierno, para mejorar las condiciones económicas, sociales y culturales de las comunidades, integrar

a éstas en la vida del país y permitirles contribuir plenamente al progreso nacional".

Los aspectos relevantes de las entrevistas en grupo son las siguientes:

- Para llenar las cédulas es necesario acudir a la comunidad.
- Antes de iniciar el interrogatorio se debe informar al grupo acerca del objeto de la entrevista.
- En ocasiones, al escuchar el propósito de la entrevista, los habitantes expresan su desaliento, ya que no es la primera ocasión que se les invita con tal intención.
- Se les debe aclarar a la comunidad que se trata de actualizar la información que se tiene en la dependencia o entidad.
- Desde luego, solicitar que proporcionen datos reales.

C) Tipos de cédulas de información que se aplican

Son dos los tipos de cédulas que se aplican: de información socioeconómica y de información técnica. Ambos documentos permiten obtener datos relevantes para la evaluación de los proyectos.

C.1 Cédulas de información socioeconómica

- Permiten cuantificar el número de habitantes, la composición de la población, los recursos materiales, la fuerza de trabajo disponible, las características de los medios de comunicación actuales, las condiciones topográficas e hidrológicas de la región, algunos datos de producción, entre otros elementos.
- Permiten conocer también el nivel socioeconómico en que se encuentra la comunidad, de tal modo que pueda servir como punto de partida para la planeación de su desarrollo.

C.2 Cédulas de información técnica

La cédula técnica se aplica en forma paralela a la cédula de información socioeconómica.

- Pretende obtener los datos técnicos relevantes de la posible obra por construir.
- Detectar las posibles fuentes de abastecimiento de materiales de construcción locales y de origen industrial.
- Conocer la organización de la comunidad para la producción o la política.
- Localizar los puntos obligados de la ruta de un camino.
- Identificar los cruces para la ubicación de alcantarillas u otras obras de drenaje.

En numerosos casos, la aplicación de la cédula de datos socioeconómicos y la cédula técnica fue realizada por el residente de obra, situación que resultó benéfica, en virtud de que desde las acciones de promoción, el responsable de la dirección y supervisión de la futura obra entra en contacto con las comunidades, sobre todo en el caso de proyectos en los cuales se pretenda aplicar la tecnología intensiva en mano de obra.

El residente de obra es un ingeniero civil de profesión, que es el responsable técnico administrativo de las obras dentro de una jurisdicción geográfica que le

asigna la dependencia de la cual es representante.

Conocer el perfil del residente de obra viene al caso en virtud de que en el mejoramiento de brechas y en construcción de caminos de mano de obra y de caminos rurales con tecnología apropiada, los responsables de la dirección y supervisión de la obra y de la promoción, son personas con perfiles distintos, tanto en su preparación académica como en sus expectativas y nivel dentro del esquema organizacional a cargo de los trabajos.

III.4 **ASAMBLEAS O REUNIONES POPULARES**

Los aspectos más relevantes de la técnica que ha permitido obtener la colaboración eficiente de los comunitarios en la construcción y conservación de caminos rurales se describe a continuación.

III.4.1 **Convocatoria de la reunión**

Una vez que el camino ha sido programado:

- Se identifica a la o las comunidades dentro de la zona de influencia del mismo.
- Mediante las autoridades locales se convoca a los jefes de familia a la reunión inicial.
- El lugar, día y hora se establecen en conjunto con esas autoridades.

III.4.2 **Objetivos de la reunión o asamblea popular**

Estas reuniones, han tenido los siguientes objetivos:

- Conocer la forma de pensar de los habitantes respecto de la obra que se promueve y orientarlos hacia la conveniencia de que se agrupen y nombren a sus representantes.

> "El campesino aislado, como el obrero, o cualquier hombre, disperso, solo, no podrá resolver los problemas que se le presenten y que están vinculados a una serie de fuerzas sociales superiores a las de un individuo. Por lo tanto, los campesinos, además de educarse, asociarse, crean entre ellos una conciencia social, profunda y firme, […] las uniones o asociaciones que constituyan, deben ser efectivas, auténticas. Esto quiere decir, que deben formarse o integrarse con la participación consciente, con la convicción y el deseo de actuar de todos y cada uno de los campesinos, fijando metas o propósitos claros, concretos, bien determinados"
>
> *Lic. Manuel Hinojosa Ortiz,*
> *prólogo de la Ley Federal de Reforma Agraria, 1978.*

Conviene y es recomendable que asistan a las reuniones los representantes de las organizaciones campesinas, así como funcionarios de los gobiernos estatal y municipal, quienes atestiguan la organización de la comunidad, certifican la cooperación que se les vaya a solicitar y la ayuda que voluntariamente están dispuestos a brindar, y escuchan el tipo de apoyo que

ofrece la dependencia o entidad a cargo del programa de caminos rurales.

Con el fin de lograr la presencia de tales personalidades se les debe invitar con oportunidad. Para la reunión en la que se designa a los representantes de la comunidad, no solo es deseable sino indispensable la presencia de alguna de las autoridades o funcionarios mencionados en el párrafo anterior. Esas autoridades y funcionarios dan fe de:

- La elaboración del calendario para la participación de los integrantes de la comunidad, con base en la oferta de mano de obra local.
- La determinación de los periodos en que se disminuirán o suspenderán —cuando sea el caso— los trabajos, a fin de no interferir con las importantes labores agropecuarias.
- Tipo, alcance y forma en que se distribuirán los incentivos a los jornaleros.
- Establecimiento del convenio entre la comunidad y la dependencia o entidad encargada del programa.

Las autoridades locales, los líderes comunales y otros vecinos interesados en ver realizada la obra, se encargan de transmitir —de persona a persona— la invitación para asistir a la reunión, sin distingo de nivel social, edad o género.

Se ha observado que de acuerdo con los horarios de trabajo agropecuario y de educación en la zona y del día, acuden familias completas a la asamblea.

El tiempo con que se cita a la reunión debe ser suficiente para que la comunicación llegue a la mayoría de los habitantes del poblado, ya que debe recordarse que en gran parte de los poblados rurales los asentamientos se encuentran dispersos.

Cuando la mayoría de los padres de familia no acude a la primera invitación, el promotor, después de un tiempo razonable, debe tener la prudencia para explicar a los presentes la inconveniencia que representaría celebrar la asamblea, en virtud de que no sería representativa, pues los acuerdos a que se llegara serían de una minoría.

Por lo anterior, y con el aval de las autoridades locales e invitados, se conviene en hacer nueva cita a fin de lograr la concurrencia mayoritaria, fijándose fecha y hora de la próxima reunión.

III.4.3 **Desarrollo de la asamblea**

El promotor inicia la asamblea con el saludo a los asistentes y el agradecimiento por su presencia; señala la comisión que desempeña y su función más importante, y continúa con la presentación de sus acompañantes, los técnicos encargados de la futura dirección y supervisión de los trabajos, así como de los invitados, sin dejar dudas acerca de su personalidad ni del propósito de la dependencia a la que representa.

Es normal que no todos los asistentes conozcan las razones por las que están reunidos. Por ello, el promotor aclara que la asamblea no es una trampa para atraerlos con fines distintos a los de lograr su cooperación en la realización del camino rural.

Al finalizar la explicación de los objetivos de la reunión, el promotor observa la cantidad de fuerza de trabajo presente; localiza a los líderes comunales en caso de no haberlo hecho previamente, y en general a las personas que influyen en la decisión de la mayoría. Lo anterior es importante porque si los líderes están de acuerdo con determinado punto de la explicación, el resto de la gente también lo aprobará.

A) Acerca de la forma de expresarse del promotor

Las frases rebuscadas o adornos oratorios originan confusión entre los habitantes del medio rural. Por ello, durante el desarrollo de la reunión conviene que el promotor se dirija a los comunitarios usando un lenguaje sencillo, a fin de lograr su máxima comprensión.

La exposición se hace en forma clara y con tiempo suficiente, a fin de no dejar dudas. Si se llegaran a manifestar incomprensiones éstas deben aclararse de inmediato.

La exposición del promotor debe ser ordenada, evitando repeticiones excesivas e innecesarias, titubeos u olvidos aún de tipo involuntario, de detalles importantes de la obra que luego, en forma desordenada, pretenda incluir sin ninguna continuidad dentro del punto en desarrollo.

Por otra parte, el tono de voz del promotor no debe intimidar a los asistentes o retraer su participación.

B) Diálogo entre el promotor, invitados y los jefes de familia

A criterio del promotor conviene hacer pausas para entablar el diálogo y preguntar a los asistentes si han comprendido lo que hasta ese momento se ha expuesto.

Para lograr esa participación, el promotor recurre a la aplicación de mecanismos adecuados, por ejemplo haciendo preguntas directas o induciendo a algunas personas para que expongan sus comentarios o formulen preguntas, todo ello con el propósito de hacerles sentir la importancia —que en muchas ocasiones se les ha negado— como integrantes de la sociedad rural.

Una vez que están de acuerdo con el punto discutido, se les pide que levanten la mano en señal de aprobación, la cual tiene que ser por mayoría.

C) Lineamientos generales del programa de caminos rurales con uso intensivo de la mano de obra

El promotor expone enseguida los lineamientos generales del programa de caminos rurales, su aspecto organizacional y las características más importantes de la obra.

Es una práctica común que los posibles beneficiarios soliciten que el camino pase por todos los poblados localizados a lo largo y en la zona de influencia de la ruta.

Si tal es el caso, el promotor aclarará que desde el punto de vista de la economía, el planteamiento puede ser inaceptable.

Se hace notar a los comunitarios que analizadas las condiciones de la zona de influencia del camino, es necesario aplicar una tecnología que emplea —en forma intensiva— la mano de obra de la comunidad, y que los procedimientos constructivos que se aplicarán serán los autorizados por la dependencia normativa, por conducto de los técnicos encargados de la dirección y supervisión de las obras. Se les hará saber que los técnicos encargados de la dirección y supervisión de las obras elaborarán el programa de trabajos para otorgar las tareas a cada jornalero o a un grupo de ellos, con base en los rendimientos producto de la experiencia.

En relación con la productividad de los jornaleros, según la actividad que desarrollarán, se informa que el personal técnico de la SCT considerará los contenidos en el *Manual para la construcción, reconstrucción y conservación de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra,* y a partir del 2007 los señalados en el *Instructivo Técnico para la Conservación y Reconstrucción de Caminos Rurales* con uso preferencial de mano de obra.

Se aclara que la dependencia o entidad no es responsable de los posibles problemas de carácter labo-

ral que pudieran presentarse durante la ejecución de los trabajos, dado que los jornaleros colaboran con su comunidad en la realización de una obra para su beneficio, y que no son trabajadores asalariados.

D) Temporalidad para la ejecución de los trabajos

Se informa a los comunitarios presentes en la asamblea, que con el fin de erradicar la competencia desleal entre interdependencias para la realización de los programas que tienen encomendados, ha sido necesario establecer calendarios para captar la mano de obra local, con lo cual se evita que los campesinos se distraigan o abandonen sus labores agropecuarias y/o que se presente a trabajar una cantidad menor o mayor a la necesaria, y/o que le den preferencia a un tipo de obra en detrimento de otra, cuando una dependencia ofrezca —en su caso— una remuneración económica mayor que las demás.

Esta temporalidad considera también la temporada de lluvias en la región, durante las cuales se disminuyen o suspenden los trabajos, estableciéndose la práctica de que éstos se reanudarán una vez que pasan las mismas.

Se aclara que la selección de jornaleros no depende de los representantes de la comunidad, sino que es libre y no está sujeta a discriminaciones, ni por parte de la dependencia a cargo del programa ni de otras autoridades.

Que ningún jornalero podrá realizar más de una tarea diaria

> Para la Dirección General de Caminos Rurales, de la SAHOP, una "tarea" es el trabajo asignado a una persona y que debe desarrollar en forma individual, por jornada diaria".[8]

Ahí se establece también que por la participación en los trabajos no se cobrará cuota alguna ni se descontará ninguna cantidad del monto de su gratificación, y que los trabajos durarán el tiempo justo para construir la obra y el incentivo que se llegue a acordar se distribuirá con base en el avance observado.

E) Transportación y atención médica de los jornaleros

Por lo que se refiere a la transportación de los comunitarios —desde sus respectivos hogares hasta el frente de trabajo o lugar de la obra—, los representantes de la comunidad atenderán su costo, ya que la dependencia a cargo de la obra no proporciona ninguna ayuda para este rubro.

En cuanto a la posibilidad de ocurrencia de accidentes de los jornaleros, los representantes de la comunidad se encargarán de obtener la ayuda necesaria para cubrir el importe de la atención médica y las medicinas correspondientes.

Sin embargo, en mayo del año 2000 la Comisión Estatal de Derechos Humanos del Estado de Sinaloa, en ocasión del fallecimiento de siete jornale-

[8] México, en la construcción de vías terrestres en general, se llama "cabo" a la persona que controla y/o dirige a un grupo de trabajadores no calificados. Salas Rico, Raúl, "Cómo llegar a ser un buen cabo de caminos rurales". México, 1983.

ros que se trasladaban al lugar de los trabajos de construcción del camino Santa María-Las Negras, manifestó que por diferentes disposiciones de las leyes Federal del Trabajo y del Seguro Social, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes tenía la calidad de patrón y que el traslado al lugar de los trabajos era posible conceptuarlo como riesgo laboral.

F) Cantidad de jornaleros que se necesitan diariamente

- Mediante sus representantes se les informa que la comunidad proporcionará el número de jornaleros requerido para cada día de trabajo.
- Que las limitaciones en el número de jornaleros serán motivadas por las etapas de los trabajos y la época del año durante la cual se realizarán los mismos.
- Que cuando la obra beneficie a dos o más comunidades, se utilizará gente de cada localidad, en frentes cercanos a las mismas y de acuerdo a los programas de obra o cronogramas que sean determinados por el personal técnico de la dependencia.
- Que cuando haya mano de obra en abundancia y no se requiera de toda la disponible en la comunidad, se elaborará en conjunto con la mesa directiva del Comité, un calendario que fijará el periodo en que corresponda trabajar a cada uno de los comunitarios.
- Que los primeros días de labores se dedicarán a la capacitación de los jornaleros.
- Que esa capacitación la proporcionará el personal de la dependencia a cargo del programa de caminos rurales.
- Que en la primera quincena, los cabos[9] únicamente utilizarán de diez a 15 jornaleros, con el fin de medir adecuadamente las tareas que se asignarán a cada trabajador o a un grupo de jornaleros.
- Que después de ese periodo, el cabo podrá controlar en forma eficiente una cuadrilla formada hasta por 40 trabajadores en promedio.
- Que el cabo llevará el registro de asistencia de cada jornalero, con la indicación del trabajo diario que efectúa; marcando si hizo una tarea completa o la fracción correspondiente.
- Que al final de cada quincena, se cuantificarán las tareas efectuadas y en proporción directa se otorgará a cada jornalero el incentivo económico convenido.
- Que la incentivación con una remuneración en efectivo no es un salario y que se trata de una cantidad menor al salario mínimo en vigor de la zona donde se localiza el camino.
- La exposición del promotor continúa con la aclaración de que aún cuando el camino es en beneficio de la comunidad, no es propiedad de la misma y por lo tanto no puede impedir el paso a través de ella ni cobrar un peaje.

[9] *Instructivo para la construcción de caminos rurales;* editado por la Dirección General de Caminos Rurales, SAHOP,1980.

- Que los acuerdos de la asamblea son irrevocables y que deben ser respetados por todos los vecinos, presentes o no en la reunión.

III.4.4 **Colaboración de la dependencia a cargo de los caminos rurales**

La colaboración de la dependencia a cargo del programa de caminos rurales podrá consistir de manera enunciativa, en uno o varios de los siguientes aspectos:

- Elaborar el proyecto geométrico de la obra.
- Asesorar técnicamente a la comunidad en el caso de que cuenten con el proyecto y deseen realizar una obra con sus propios recursos.
- Dirigir y supervisar técnicamente los trabajos.
- Apoyar a los representantes de la comunidad en el control de asistencia de los jornaleros y la vigilancia de la realización de las tareas asignadas a éstos.
- Proporcionar, en calidad de préstamo, las herramientas simples para la ejecución de los trabajos.
- Proporcionar los materiales de construcción de origen industrial, en su caso.
- Facilitar equipo y maquinaria de construcción en apoyo de la mano de obra.
- Apoyarlos con el operador, los combustibles y los lubricantes del equipo y la maquinaria que la comunidad consiga en calidad de préstamo.
- Conceder a cada jornalero un incentivo económico por tarea ejecutada.
- Proporcionar los postes y alambres para restituir el cercado de un predio que resultara afectado con la ubicación del camino.
- Efectuar la localización del camino de tal manera que se afecte lo menos posible a la productividad agrícola.

III.4.5 **Cooperación de la comunidad**

El aspecto más importante de la cooperación de la comunidad se refiere a la disposición para organizarse con motivo de la construcción del camino, haciéndola extensiva a la operación y posterior conservación.

Lo anterior se cita al considerar que las comunidades rurales han brindado diferentes tipos de ayuda para obras de beneficio colectivo, como los que se describen a continuación:

> En algunas regiones del país, para la realización de obras de beneficio comunal, se tiene arraigada la costumbre de desarrollar faenas o jornales voluntarios sin remuneración alguna, efectuados los fines de semana con el fin de no interrumpir las cotidianas labores agropecuarias.[10]

El más importante t ipo de trabajo cooperativo es, sin embargo, aquel en que interviene toda la comuni-

[10] Secretaría de Obras Públicas. Dirección General de Caminos de Mano de Obra. *Documento interno de trabajo*.

dad, conocido generalmente como "tequio",[11] por el vocablo nahua *tequitl*, tributo. En algunos lugares se le llama "faena" o "fajina".

El tequio es un trabajo tabulado en días, que pueden llegar hasta 20 al año, que todo miembro de la comunidad está obligado a dar sin remuneración alguna para la realización de obras de beneficio colectivo.

Entre los zapotecas la gozona es un método de cooperación comunal para las urgencias del ciclo agrícola y en la construcción o reconstrucción de casas.

En esta forma de trabajo quien recibe el servicio está obligado a devolverlo cuando a su turno es solicitado por alguno de los participantes en la gozona.

Si no puede concurrir paga jornal a un trabajador que lo suple.

Otro ejemplo relacionado con el tema es el trabajo indígena asalariado en el periodo de la Colonia a mediados del siglo XVI, que era autorizado por el propio virrey, y llamado *cuatequitl*, para obras de construcción de beneficio público.

El término *cuatequitl* se usó para indicar la división de tareas dentro del *calpulli*. La diferencia entre éste con la encomienda fue que el trabajo era remunerado y no gratuito, transitorio y no permanente, vigilado por los funcionarios reales y no por los dueños o amos.

III.4.6 **Elección de los representantes de la comunidad rural**

En la asamblea, el promotor señala que para que los acuerdos procedan conviene que se integren en un Comité pro camino, denominación inicial del ente requerido por la dependencia a cargo del programa de caminos rurales. A la última se le denomina Comité de beneficiarios.

La adaptación de la designación del "comité" se observa en el cuadro siguiente:

Histórico de la organización comunitaria		
Denominación	Atractivo social	Año
Comité pro camino	Insumos existentes en la región	1968
Comité pro obras	Salario mínimo de campo	1972
Comité pro camino	Gratificación salario mínimo de campo	1974
Asociación pro obras para el desarrollo de la comunidad	Gratificación salario mínimo de campo	1976
Comité pro camino	Gratificación salario mínimo de campo	1982
Comité de solidaridad	Gratificación salario mínimo de ampo	1988
Comité pro camino	Ayuda menor al salario mínimo de campo	1994
Comité beneficiarios pro camino	Ayuda menor al salario mínimo de campo (80% aprox.)	2000
Comité de beneficiarios	Ayuda menor al salario mínimo de campo (80% aprox.)	2006

En la reunión, el promotor informará:

- Que con la conformación del "comité pro camino" se cubre el aspecto legal para que libremente los comunitarios se asocien al mismo.

[11] Los tradicionales tequios oaxaqueños, los cargueros purépechas y las faenas de otros grupos étnicos son mencionados por uno de los mejores promotores de caminos rurales, el ingeniero Mariano Carreón Girón, en su excelente ponencia "Organización de la participación comunitaria", presentada en el Seminario Internacional de Caminos Rurales. XV Años.

- Que el comité pro camino será el conducto para solicitar cualquier tipo de apoyo a las autoridades gubernamentales.
- Que sus representantes serán el medio de comunicación entre la dependencia encargada del programa de caminos rurales y los vecinos del poblado.
- El promotor orientará a los asistentes para que durante la reunión, y con libertad, propongan y elijan a sus representantes, integrándolos en un Comité directivo o mesa directiva.
- Aclarará que los componentes de la mesa directiva no recibirán remuneración alguna por el hecho de haber sido elegidos como representantes de la comunidad, a menos que participen directamente como jornaleros.

A) Control y vigilancia de los trabajos y de las remuneraciones otorgadas a cada jornalero

El promotor continúa con su labor de dirección para que designe a la persona que efectuará el control y la vigilancia de la asistencia y las tareas asignadas y realizadas.

Los aspectos relevantes en la actividad de control y vigilancia se refieren a la asistencia de los jornaleros, las tareas que efectúan y la distribución de las remuneraciones en efectivo.

El control de la asistencia se ha efectuado en dos formas: directamente por el personal técnico de cada residencia de obra o por miembros de la comunidad debidamente capacitados, con asesoría de la dependencia a cargo del programa.

Para el control de la asistencia se utilizaron tarjetas, una por cada jornalero. El cabo, el tomador de tiempo, el sobrestante, el residente de obra o la persona designada para cumplir esa función, perforaba o marcaba el espacio correspondiente al día, la tarea o parte de ésta desarrollada por cada persona. Cada quincena se hacía el corte para conocer el total de las jornadas realizadas.

Con el control de las jornadas se evitaba duplicaciones de nombres o equivocaciones.

En las tarjetas se anotaba el tipo de trabajo en que participaba cada jornalero, la etapa y la ubicación de la obra. Este control lo hizo la comunidad a manera de una contraloría social.

En coordinación con los miembros del comité, el residente de obra elaboraba la relación de los miembros del comité que participaban en la ejecución de los trabajos y que eran merecedores de la remuneración económica establecida.

La residencia de obra calculaba el monto del importe total de las remuneraciones, cantidad que entregaba al comité cuyos representantes firmaban el recibo correspondiente.

Ese importe total se dividía entre la suma de las asistencias reportadas y el resultado se multiplicaba por la cantidad de asistencias de cada jornalero, con lo cual se obtenía la cantidad que deberá recibir cada uno.

B) Funciones de los representantes de la comunidad

Las funciones más importantes que tendrán sus representantes son las siguientes:

- Informar a los habitantes que no pudieron asistir a una determinada reunión acerca de los aspectos tratados y aprobados en la misma.
- Mantener constante comunicación con el promotor y/o el residente de obra.
- Proporcionar la fuerza-hombre o mano de obra no calificada en la cantidad requerida de acuerdo a la etapa y actividad por realizar, según el señalamiento que haga el residente de obra o el promotor, a través del cabo.
- Participar en la organización de los grupos de jornaleros, en conjunto con el cabo, el sobrestante o el residente de obra.
- Contribuir con el personal de la residencia de obra, en la localización de bancos de materiales de construcción no industrializados.
- Solicitar y obtener por escrito de los propietarios el permiso para la extracción de materiales de construcción no industrializados.

- Gestionar y obtener por escrito el permiso de los propietarios para proporcionar a la dependencia o entidad el derecho de vía de la obra, sin costo para la misma.
- Conseguir la aceptación de los dueños, sin recibir ninguna cantidad de dinero por la cesión.
- Vigilar la estricta asistencia de los jornaleros.
- Atestiguar la adjudicación de tareas en los primeros días de trabajo o en la iniciación de nuevas etapas.
- Presenciar la entrega de las herramientas simples, que en calidad de préstamo se proporcionan a los jornaleros para la ejecución de los trabajos.
- Al finalizar las primeras jornadas, comprobar que se hace la debida anotación de la tarea realizada por cada jornalero.
- Durante la ejecución de los trabajos, comprobar que no hay elementos nocivos que puedan relajar la disciplina o el orden del resto de los jornaleros.
- Solucionar los problemas de índole laboral que pudieran presentarse durante la realización de la obra.
- Efectuar la distribución de los incentivos acordados y repartirlos directamente a cada jornalero.
- Que las funciones del presidente del comité o mesa directiva es representar al comité de beneficiarios ante toda clase autoridades, dependencias, organismos y personas físicas o morales, siempre que sea necesaria para el cumplimiento de los compromisos del comité.
- Que el secretario se encargará de llevar el archivo de los documentos que se elaboren relacionados con la solicitud de construcción de la obra, así como recibir y dar contestación a toda clase de correspondencia dirigida al comité.
- Que el tesorero controlará los fondos que para el cumplimiento de sus objetivos recabe el comité, en su caso.

- Que el encargado del control y vigilancia se encargará de comprobar el debido registro que haga el cabo, de la asistencia de los jornaleros y de las tareas que efectúa cada uno quincenalmente.
- Que se deben nombrar tres vocales, quienes durante las asambleas tendrán voz y voto en las resoluciones del comité o mesa directiva.

Que al finalizar los trabajos de construcción, los representantes tienen las siguientes e importantes obligaciones:

- Organizar a los miembros del comité de beneficiarios para que contribuyan con la mano de obra y los materiales de construcción de la región, en la conservación rutinaria del camino.
- Mantener comunicación continua con los centros de trabajo encargados de la conservación de la obra, avisándoles acerca de la ocurrencia de daños mayores, resultado de fenómenos de la naturaleza.
- Vigilar que se haga uso racional del camino, recomendando a los usuarios que no causen daños en forma deliberada.
- Que no hagan arreglos a los daños que tenga la obra, sin el visto bueno de los funcionarios que tienen a su cargo la conservación de la misma.

III.5 **ACTA CONSTITUTIVA DEL COMITÉ PRO CAMINO**

Una vez que se ha llegado al consenso de las personas que fungirán como representantes del poblado rural se procede a la elección, por mayoría simple, pidiendo a los asistentes levantar la mano en señal de aprobación.

- Para formalizar la elección de los representantes de una comunidad rural, se ha elaborado un documento denominado originalmente "Acta constitutiva del Comité pro camino" y que actualmente se refiere al comité de beneficiarios.
- El promotor procede a leer el contenido del acta y a tomar la protesta de aceptación a los miembros del comité o mesa directiva, quienes asumen sus cargos al firmar de conformidad el documento.
- Las autoridades presentes y todos los asistentes, pueden firmar el acta.
- Además, en la mayoría de los casos, se estampan los sellos del ejido o municipio involucrados.

III.6 **CONVENIO DEPENDENCIA EJECUTORA Y EL COMITÉ**

Integrada la comunidad en el comité de beneficiarios, que es la actual denominación de la organización comunitaria, tiene la capacidad para suscribir un convenio con la dependencia o entidad encargada del programa donde está inscrita la obra.

En este documento se anotan las principales características de construcción, la aportación de la comunidad y el incentivo que se otorgará a los miembros del comité que participen en la ejecución de los trabajos.

Como parte de la historia de la promoción de caminos rurales se mencionan a continuación los aspectos más importantes de algunos intentos por mejorar los procedimientos.

III.7 **ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA ORGANIZACIÓN COMUNITARIA**

A continuación se relatan algunos aspectos históricos de la organización comunitaria en los últimos 40 años. En algunos casos se comenta el contenido del acta mediante la cual dan forma jurídica a la misma; en otros se analiza el contenido del convenio entre comunidad y la dependencia a cargo del programa de caminos rurales.

Organización de comités pro camino a cargo de los gobiernos de los estados mediante las Juntas Locales de Caminos, 1967.

En la etapa de caminos rurales de acceso la promoción se encargó de convencer a los comunitarios para que aportaran faenas de trabajo que desarrollaran los sábados o domingos, ya que de lunes a viernes los trabajos eran ejecutados con equipo y maquinaria. Así mismo, para que, de acuerdo con sus condiciones económicas, hicieran alguna cooperación en efectivo.

Las faenas realizadas fueron voluntarias, sin remuneración económica alguna.

Organización de comités pro construcción de camino, asociación civil, a cargo de la Secretaría de Obras Públicas, 1972.

En la etapa de caminos de mano de obra se otorgó a los campesinos que ejecutaran directamente los

trabajos una remuneración igual al salario mínimo de campo.

Como es fácil suponer, las actividades promocionales tuvieron un éxito completo, con la falla de que los comunitarios creían que trabajaban directamente para la dependencia encargada del programa. Es decir, los jornaleros no estaban convencidos de que su asociación era la que los gratificaba económicamente.

Lo anterior originó que se estudiara el mecanismo que subsistía hasta el 2008: calcular como gratificación una cantidad menor al salario mínimo de campo.

Organización de asociaciones pro obras para el desarrollo de la comunidad a cargo de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, 1974.

Ventajas

- Aportar mano de obra en la cantidad suficiente para que la obra se realice en el menor tiempo posible.
- Proporcionar, sin costo para la obra, los materiales que se requieran de bancos existentes en la región.
- Gestionar la disponibilidad de la superficie de terreno que se necesite para la ejecución de las obras o la dotación de los servicios.
- Colaborar con las autoridades federales, estatales y municipales en la solución de problemas que se presenten durante la ejecución de los trabajos.
- Colaboración de la SAHOP en el proyecto y dirección técnica, en los materiales de construcción de origen industrializado, con una cantidad en efectivo calculada por la residencia de la SAHOP.

Desventajas

- Tendrá personalidad jurídica y patrimonio propios, una vez que se llegue a formalizar ante notario.
- El comité ejecutivo está integrado por:
  - Presidente propietario
  - Presidente suplente
  - Secretario
  - Tesorero
  - 3 Vocales.

Organización de ejércitos de trabajo en el Estado de México, 1976-1982.

En el afán de realizar una mayor cantidad de obras y servicios, algunas entidades federativas buscaron la forma de que los comunitarios colaboraran con la mano de obra gratuita. En el Estado de México, durante el periodo 1976-1982, se promovió la integración de ejércitos de trabajo, a través de la Junta Local de Caminos.

La idea fructificó en virtud de que las autoridades y servidores públicos de nivel superior, representantes de las dependencias gubernamentales en ese estado, se convirtieron en promotores cotidianos.

Ventajas

- No se trataba de la explotación del hombre por el hombre, sino de la racionalización de los recursos presupuestarios disponibles.
- El comité representativo de la comunidad aportaba la mano de obra de sus asociados, para realizar

trabajos de terracerías, drenaje, revestimiento y/o empedrado.
- El comité aceptaba tener como mínimo, un ejército de trabajo formado por 40 personas en forma continúa para la ejecución de las obras.

Desventaja
- Algunas solicitudes fueron desechadas, en virtud de que los recursos financieros disponibles no fueron suficientes para cubrir los costos de la mano de obra calificada, herramientas simples, equipos y maquinaria y materiales de construcción de origen industrializado.

El modelo de convenio fue elaborado por el Departamento Técnico de la Dirección General de Caminos Rurales en conjunto con la Junta Local de Caminos del Centro SAHOP, Estado de México. La denominación de "ejércitos de trabajo" nació de las autoridades estatales y el esquema se aplicó con éxito en la entidad, debido a que cada una de las autoridades y funcionarios públicos estatales y federales, representantes de las dependencias gubernamentales federales en el estado, hicieron de la promoción una labor cotidiana.

Cada uno de esos servidores públicos *apadrinó* una determinada jurisdicción política para que recibiera los beneficios de los programas de desarrollo rural del estado.

Proyecto de convenio para la prestación de servicios médicos y sociales a los trabajadores campesinos que participaban en los caminos de penetración comprendidos en la Red Caminos de Ocampo del municipio de Ocampo, del estado de Coahuila.

El documento fue elaborado por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) y la Secretaría de Obras Públicas (SOP), 1972.

La sola elaboración del documento demostraba el interés de la dependencia a cargo de los trabajos de construcción de caminos rurales con recursos federales, para que los participantes en la ejecución de los trabajos contaran con las prestaciones más elementales. Los siguientes párrafos del documento ilustran esta tentativa. No obstante, el propósito quedó en un simple proyecto.

El párrafo I de los Antecedentes, indica que la denominada "Red de Caminos de Ocampo", serían ejecutados por el gobierno de Coahuila, utilizando sus propios elementos, a través del Comité de Caminos Vecinales del Estado o de los Comités Pro-obra, debidamente constituidos, como resultado del convenio de cooperación tripartita núm. 5/72.

El párrafo II de los Antecedentes aclara que "se están ejecutando las obras que se mencionan en el punto anterior a través de las Asociaciones Civiles Pro-Caminos, legalmente constituidas para tal efecto, utilizando la mano de obra de campesinos de la región en que las mismas se localizan, que necesitan la prestación de servicios médicos y sociales para ellos y su familia".

El párrafo IV de los mismos Antecedentes, señala que la "SOP —no obstante que no existe ninguna relación laboral entre ella y los trabajadores de referencia—, está conforme en cooperar a fin de que 'Salubridad' les proporcione en forma eficaz dichos servicios".

En la cláusula décimo sexta se especificaba que el convenio "estaría en vigor hasta el 31 de diciembre de 1973".

Acta constitutiva del Comité Pro Obras para el Desarrollo Rural, 1974.

El éxito de los caminos de mano de obra hizo que la realización de este tipo de obras de infraestructura vial rural haya tenido continuidad desde hace más de 40 años de 1967 a 2007.

En una de las etapas intermedias estos caminos se enmarcaron dentro del Programa de Desarrollo Rural, por lo que se tuvieron que adaptar tanto el acta —para señalar la debida organización de la comunidad y la elección de sus representantes a través de un Comité Ejecutivo— y el convenio de colaboración entre la dependencia a cargo del programa de caminos de mano de obra o rurales y la asociación.

Entre otros aspectos, se asentaba que el gobierno del estado en coordinación con el Centro SOP, se comprometía a proporcionar las herramientas, materiales de origen industrializado y el equipo o la maquinaria en apoyo de la mano de obra.

Asímismo, que las obras se construirían de acuerdo con las *Especificaciones de caminos de mano de obra* de la Secretaría de Obras Públicas.

Convenio para la construcción y conservación de caminos, celebrado entre el Comité Pro Camino y la Secretaría, 1975.

La declaración primera, asentaba que "Los jefes de familia de la comunidad, a través del comité, se comprometen a cooperar con trescientas faenas (300), que corresponden a dos faenas por cada uno de los 150 jefes de familia".

La cláusula segunda señalaba que "La Secretaría" proporcionaría una ayuda o gratificación en efectivo por kilómetro construido o conservado.

En la cláusula tercera se convenía que la ayuda en efectivo resultante de los términos de la cláusula segunda, se entregaría al tesorero del comité por kilómetro terminado, comprobada la calidad requerida bajo las normas y especificaciones dictadas por la Secretaría.

En cumplimiento de lo anterior, se suscribía un acta de entrega-recepción del o los caminos terminados a la comunidad rural correspondiente.

Convenio celebrado entre la Secretaría de Obras Públicas mediante el Centro SOP, y la Asociación Pro Obras para el Desarrollo Rural, 1978.

La cláusula primera establecía que "La Asociación utilizando mano de obra de los campesinos de la región, realizará los trabajos de terracerías, drenaje y revestimiento o empedrado de los caminos, cuyos trabajos serán ejecutados de acuerdo con el proyecto, programa y especificaciones que señale la Secretaría".

En la cláusula cuarta la Asociación reconocía que "los campesinos de la región que colaborarán en esos trabajos, son miembros de aquella y que, por lo tanto, responderían del cumplimiento de las obligaciones derivadas de las disposiciones legales en materia de trabajo y seguridad social, siendo a su cargo todas las reclamaciones que el personal pudiere llegar a presentar por cualquier concepto".

La cláusula quinta señalaba que "las terracerías deberán quedar protegidas con una capa de revestimiento y las obras de drenaje serán las necesarias en cuanto a número y dimensiones, no admitiéndose,

por lo tanto, desfasamientos mayores de 100 metros entre cada etapa".

Convenio celebrado entre la Asociación Pro Obras para el Desarrollo Rural de Los Ocotes, municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca, y la Secretaría (SOP), 1978.

En la declaración primera se asentaba que "La Asociación solicita al C. Presidente de la República la colaboración del gobierno federal para que los propios habitantes de la región construyan una serie de caminos, que le son indispensables para su desarrollo socioeconómico".

La cláusula tercera señalaba que "las partes convienen en que al terminar la construcción de los caminos que alude la declaración primera, éstos pasarán a formar parte de la red de carreteras federales, quedando su conservación a cargo de la Asociación, siendo auxiliados por la Secretaría".

Convenio entre la Asociación y la Secretaría, para que los trabajadores y sus familias estuvieran en posibilidad de recibir los servicios del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 1980.

La Coordinadora del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar), la Presidencia de la República, y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, suscribieron el Convenio SAHOP-Coplamar de agua potable y caminos rurales para zonas marginadas.

En la cláusula segunda del formato de convenio entre la SAHOP y la comunidad rural se especificaba que la Asociación, con la mano de obra de sus agremiados, realizaría diez jornadas por persona, sin remuneración económica".

Aún más, "los habitantes se comprometían a aportar las diez jornadas de trabajo mencionadas, pero además a asistir a cursos de extensionismo agropecuario, de capacitación para el trabajo y a pláticas de orientación familiar y nutricionales; además a colaborar en tareas de reforestación y aprovechamiento racional del agua, de saneamiento ambiental y mejoramiento de la vivienda, a participar en la conservación de obras públicas y en el incremento de la producción y la productividad de la localidad".

La cláusula quinta, por su parte, indicaba que "los miembros de la Asociación y sus familiares en línea directa podrían recibir los beneficios que otorgan las clínicas del IMSS".

Programa emergente de conservación de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra, 1995.

El aspecto que vale la pena recalcar, es que para la realización de este programa a cargo de la SCT, deberían integrarse Comités Pro-Conservación en las localidades beneficiarias del mismo.

Convenio celebrado entre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Comité Pro Construcción, Reconstrucción, Conservación o Mejoramiento del camino, 1999.

La cláusula cuarta establecía que "el Centro SCT y el comité convenían en que, como estímulo a la mano de obra aportada por el comité, ésta sería gratificada eco-

nómicamente, entregando quincenalmente El Centro SCT al comité, el importe que resultara de multiplicar el número de jornales y/o tareas ejecutadas en el periodo, por cierta cantidad autorizada para la región".

Según la cláusula sexta "el comité se compromete a entregar libre de gravámenes el derecho de vía donde se ubicaría el camino así como la donación de los materiales para ejecutar los trabajos".

En la cláusula décima cuarta se especificaba que "a la terminación de la obra El comité recibirá del Centro SCT el camino en las condiciones que deberán describirse en el acta de entrega-recepción, a fin de atender su mantenimiento".

En la cláusula décima quinta, se aclaraba que "las partes se obligan a cumplir lo establecido en las reglas generales de operación y en el acuerdo publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 30 de marzo de 1999".

Lo anterior daba cumplimiento al contenido del *Instructivo de promoción para el subprograma de atención y desarrollo de la red de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra* (SADCRUPMO), vertiente del Programa de Empleo Temporal, de abril de 1999.

Convenio que celebran la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el Comité de Beneficiarios Pro Camino y la Contraloría Social del Camino, 2007.

El "Instructivo de promoción" de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes señala que su objetivo es "proporcionar a las personas encargadas de la promoción del Programa de Empleo Temporal, elementos para el desarrollo eficiente de la actividad promocional, que de forma clara y sencilla permita aplicar acciones, lineamientos, conceptos, criterios y estrategias que contribuyan a influir en la opinión y actitud de los habitantes de las comunidades rurales para lograr su participación en el programa".

Por otra parte, las reglas de operación del PET estipulan que esa participación se haga a través de los comités de beneficiarios pro camino, cuyo órgano ejecutivo será integrado, al igual que la contraloría

social, en asamblea general, y como puntos a destacar señalan los siguientes:

• Que el órgano ejecutivo se compondrá del presidente, el secretario y el tesorero; y que la contraloría social se integrará por dos personas, con base en los artículos 69, 70 y 71 de la Ley General de Desarrollo Social.

• Que para formalizar la participación de la comunidad, las autoridades locales elaborarán el acta de la asamblea y para establecer formalmente los trabajos que ejecutará el comité, se suscribirá un convenio de ejecución de los trabajos, documento que será con los sellos de las autoridades municipales y/o ejidales.

En la cláusula quinta el comité manifiesta que "queda bajo su responsabilidad atender y resolver las reclamaciones de índole laboral que pudieran surgir de los participantes en el Programa de Empleo Temporal. En virtud de no existir relación laboral o contractual alguna con la SCT".

En la cláusula sexta el comité se compromete a gestionar el libre paso por la franja del derecho de vía donde se ubica el camino, así como la donación de los materiales necesarios para ejecutar los trabajos".

En la cláusula décima el comité se obliga a resolver los problemas de seguridad social que se presenten a los participantes del programa, en la realización de los trabajos convenidos".

En la cláusula décima primera el comité se obliga a prever la forma en que se transportarán los miembros del mismo, de su poblado o caserío al camino".

"La Contraloría se compromete a vigilar y supervisar que las acciones del programa se desarrollen con eficiencia, transparencia y honradez, según lo señala la cláusula décima quinta".

Bibliografía

Batten, T. R., Las comunidades y su desarrollo. México, Fondo de Cultura Económica, 1980.

Centro SOP Oaxaca, "Convenio celebrado entre la Asociación pro obras para el desarrollo rural de los Ocotes, municipio de Ejutla de Crespo, y la Secretaría. Los ocotes, Ejutla de Crespo, Oax". 1978.

Comisión Estatal de Derechos Humanos, Sinaloa, oficio núm. CEDH/P/CUL/000666 Camino Santa María-Las Negras. Culiacán, Sin., 2000.

Gobierno del Estado de Coahuila, "Proyecto de convenio para la prestación de servicios médicos y sociales en la red de caminos de Ocampo, Coahuila". Saltillo, Coah., 1972.

Gómezjara, Francisco, *Técnicas de Desarrollo Comunitario*. Ediciones Nueva Sociología, México, 1977.

Hinojosa Ortiz, Manuel, prólogo de la Ley Federal de Reforma Agraria. México, 1978.

Instructivo para la construcción de caminos rurales, México, SAHOP, 1980.

Pardiñas, Felipe, *Manual de comunicación social*. Editorial EDICOL. México, 1978.

Presidencia de la República, Coordinación general del Plan nacional de zonas deprimidas y grupos marginados. "Convenio IMSS-Coplamar para la realización del Programa de Servicios de Solidaridad Social en las Áreas Marginadas. Caminos Rurales y Agua Potable". México, 1980.

Pruneda Padilla, Ramón, "La importancia de la promoción en el desarrollo del programa de caminos rurales de acceso", en Primer Seminario de Caminos Rurales de Acceso, México, 1970.

Salas Rico, Cecilia, *El Trabajo Social en el Hospital El Plan, de Petróleos Mexicanos, en el Estado de Veracruz*. México, 1970.

CAPÍTULO IV. ***Proyecto***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO IV. ***Proyecto***

El personal técnico que colaboraba en diversas dependencias y organismos que realizaban carreteras hasta los últimos años de la década de 1960, no admitía ningún argumento que tratara de justificar el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra, sin un proyecto geométrico, semejante al que se elaboraba tradicionalmente para las carreteras libres de peaje.

No obstante, las autoridades superiores de la dependencia normativa, a cargo de los programas de caminos, dictó instrucciones que permitieron al personal encargado de la dirección y supervisión de ese nuevo tipo de vías de comunicación, dictaminar los cambios a las brechas existentes que las hicieran transitables en toda época del año; seleccionar el tipo de alcantarilla y/o de puente que se requiriera para cumplir con el precepto anterior; elegir los bancos de materiales para proteger las terracerías y un sinnúmero de decisiones que debieron tomar en el mismo lugar de las obras.

Este capítulo contiene, por lo tanto, una sinopsis de las características geométricas originales que se convirtieron en la base para elaborar las normas de proyecto y de construcción de los caminos rurales, aún en vigor.

Se incluyen ejemplos de soluciones prácticas aplicadas por el personal técnico para la solución de algunos problemas específicos.

IV.1 **EVOLUCIÓN DE LA RED DE CARRETERAS EN 1970**

Al finalizar el año de 1970, la red carretera nacional se componía de 71 520 kilómetros, divididos de la siguiente manera: terracerías, 8 500 kilómetros; caminos revestidos, 21 100 kilómetros; caminos pavimentados, 41 920 kilómetros.

A pesar de que la extensión de la red era aceptable, el país necesitaba comunicar entre sí a cerca de 100 mil localidades diseminadas sobre una superficie de dos millones de kilómetros cuadrados, y en las que vivían más de 48 millones de habitantes.

Al hacer un análisis de comunidades mayores de 500 habitantes, la red servía únicamente al 58% de

esas localidades, lo que significaba que 42% estaban incomunicadas.

Al profundizar el examen se comprobó que existían 33 mil comunidades rurales —todas con más de 100 habitantes— que contaban con una infraestructura para el transporte muy primitiva y compuesta por brechas cuya longitud total podía calcularse en 300 mil kilómetros, a través de la cual se realizaba una comunicación lenta, difícil, limitada y costosa, y únicamente en la temporada de estiaje.

Los estudios realizados hasta entonces sobre el volumen de tránsito de vehículos en la red moderna de carreteras, revelaron que existía una discrepancia entre dos elementos básicos.

La gran mayoría de las carreteras había sido proyectada y construida para un tránsito diario promedio anual de 2 500 vehículos, pero en 66% de la red sólo se registraba un tránsito diario de menos de 500 vehículos; el 34% restante tenía el volumen de tránsito que se había previsto y en algunos casos lo superaba.

Con estos elementos de juicio se llegó a la conclusión de que una gran parte de la red de carreteras se había diseñado y ejecutado conforme a especificaciones superiores a las necesarias, por lo que ya no debía continuarse, pues ello supondría que el problema en materia de infraestructura del transporte era de congestión de tránsito y no de comunicación e integración social.

IV.2 **TIPOS DE CAMINOS EN VIGOR HASTA 1970**

Se consideraban tres tipos de caminos:

Tipo	Vehículos/día
A	1500 a 3000
B	500 a 1500
C	Hasta 500

IV.3 **TIPOS DE CAMINOS EN VIGOR A PARTIR DE 1971**

Tomando como base el tránsito diario promedio anual (TPDA) para el horizonte de proyecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes estableció cinco tipos de caminos, identificados con las letras A, B, C, D y E. Los caminos rurales quedaron circunscritos dentro del tipo "E".

Tipo	Vehículos/día
A	1500 a 3000
B	500 a 1500
C	Hasta 500
D	Hasta 500
E	Hasta 100

Uno de los objetivos del estudio "Caminos y mano de obra", consistió en hacer un análisis tecnológico de los caminos de mano de obra. Para ello fue necesario realizar, entre otras actividades, una encuesta técnica a nivel nacional, dirigida al personal de la Secretaría de Obras Públicas que tuvo a su cargo la construcción de este tipo de caminos.

Con los resultados de esta encuesta se pudieron confirmar las características generales de los caminos: longitud, ancho de corona, etcétera, así como la proporción en que intervenían las distintas variables significativas en la construcción.

De lo anterior se diferenciaron dos tipos de caminos: "brecha por mejorar", que se identificaba con el trazo ya existente y en donde los volúmenes de terracerías fueron menores que cuando se construía el segundo tipo de caminos, que se denominó "camino nuevo", en los que no existía ninguna obra que se pudiera aprovechar.

Las normas de proyecto geométrico para caminos rurales han evolucionado de acuerdo con las distintas épocas del programa.

El mejoramiento de brechas consistía en la ejecución de trabajos para mejorar el alineamiento vertical y horizontal, construir las obras de drenaje necesarias y/o acondicionar la superficie de rodamiento, en los tramos donde fuera requerido.

IV.4 **PROYECTO DE CAMINOS**

Las características geométricas que han regulado el proyecto de caminos rurales son dos:

1. El tránsito diario promedio anual (TPDA) para el horizonte de proyecto, de 100 vehículos como máximo, que coloca a este tipo de caminos como los de más bajo volumen de las vías de la red nacional, lo cual justifica la sección de un solo carril. En el subtema de "capacidad" se abunda sobre el tópico.
2. La topografía del terreno donde se alojará el camino, dividida en tres tipos: A plano, B lomerío y C montañoso.

IV.4.1 **Criterios Generales para el Proyecto de Caminos Rurales con Uso Intensivo de Mano de Obra. Criterios generales**

Son seis los criterios generales a considerar para el proyecto de este tipo de caminos.

A) Economía en el proyecto

En terreno plano, la sección se construye en terraplén mediante el préstamo lateral, y la rasante más económica está en función del drenaje, ya que debe alojarlo y permitir su adecuado funcionamiento.

En terreno de lomerío, la rasante debe apegarse a las ondulaciones del terreno natural. El estudio de la curva masa se efectúa en los tramos donde se requiera, considerando el movimiento de volúmenes bajos a distancias cortas; si esta condición no

se logra, será preferible que el proyecto considere desperdicios.

La recomendación en terreno montañoso es alojar la sección en firme, evitando secciones mixtas con terraplenes altos, en virtud de que no se compactan las terracerías y no se construyen escalones de liga entre el terraplén y el terreno natural. De no observar esta precaución pueden presentarse fallas en la sección, tales como deslizamientos o asentamientos.

B) Economía en el drenaje

En la construcción de las obras de drenaje puede lograrse una economía muy importante si se toman en cuenta las recomendaciones de proyectar y construir obras que permitan utilizar los materiales más abundantes en la región, tales como madera, piedra, arena, grava, cal y tabique, siempre y cuando el proyecto señale la aplicación de la "tecnología con uso intensivo de mano de obra no calificada".

Para cruces mayores a seis metros, los vados, puente-vados, y puentes son la solución, cuya elección está en función de los siguientes factores:

- El tránsito promedio diario anual.
- El presupuesto y tiempo disponibles para la ejecución de la obra.

- Los materiales y la fuerza de trabajo o mano de obra disponibles en la zona donde se localiza.
- El número de habitantes por servir con el camino.
- El desarrollo presente o futuro de la región.

C) Economía en el estudio y el proyecto

Los técnicos e ingenieros a cargo del proyecto geométrico, como el Ing. Rubén Baltazar Tavera, jefe del Departamento Técnico de la Dirección General de Caminos Rurales en 1985, estaban convencidos de que la selección de ruta representaba la fase fundamental en el estudio del camino, por lo que efectuaban un reconocimiento minucioso de la ruta para estudiar varias opciones de solución, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Aprovechar los parte aguas cuando fuera posible, a fin de abatir los costos de construcción de terracerías y drenaje.
- Evitar zonas de alta clasificación de materiales.
- Estudiar la hidrología de la zona para evitar al máximo posible los cruces de las corrientes, tanto en número como en longitud.
- La mejor solución sería la localización del camino en línea recta de un punto inicial a otro final, con ramales que llegaran a la misma.

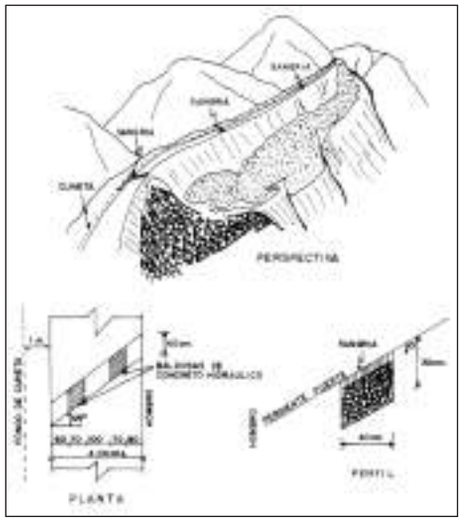
• En el alineamiento horizontal proyectar trazos que evitaran cortes fuertes, a partir del mayor desarrollo de la línea.

• A fin de reducir los volúmenes de terracerías, emplear grados de curvatura mayores.

• Para el alineamiento vertical, utilizar las contrapendientes en el proyecto de la rasante, lo cual permitía apegarse a las ondulaciones naturales del terreno y evitar cortes con volúmenes grandes.

• Desarrollar la ruta para disminuir el valor de la pendiente gobernadora con el propósito de obtener menores volúmenes de tierra por mover.

- Además, efectuar el estudio económico comparativo, ya que el mayor desarrollo de la ruta podría llevar implícito un costo elevado de la construcción del camino.
- Debido a que no se compactan las terracerías, alojar la sección transversal en firme.
- Analizar los puntos críticos en el proyecto de la rasante y estudiar la conveniencia económica de construir muros de contención.
- En el proyecto de drenaje menor y mayor, considerar la utilización de materiales de la región y mano de obra local.
- Cuando las condiciones del cruce sean apropiadas, recurrir a los vados como solución para algunos cruces.
- En caminos en terreno de lomerío y montañoso, construir sangrías para contribuir al desalojo del agua.
- Evitar acarreos de materiales de revestimiento desde distancias grandes.
- A fin de lograr la ubicación estratégica de bancos de materiales de revestimiento, solicitar el apoyo del personal de la unidad de laboratorios correspondiente.
- En caso de que no se localicen materiales apropiados para la capa de revestimiento, estabilizarla



adicionándole cal o cemento; o calcina, arcillas debidamente trituradas, entre otras soluciones.

Respecto a estos criterios para el estudio y proyecto de caminos rurales o de bajo costo, el Ing. Teodoro Valls Cervantes, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Chiapas, en 1985 afirmaba que "para lograr soluciones de verdadero ingenio en el trazo de la vía, deben ajustarse —estudios y proyectos— a las condiciones de la zona y región respectiva, y considerar cada camino en forma *sui géneris*".

D) Economía en la construcción

La ejecución de los trabajos se efectuó en gran parte por administración, en virtud de que las residencias de obra contaban con la capacidad técnica instalada suficiente.

Cuando los centros foráneos no fueron autosuficientes para efectuar los trabajos, se recurrió a la contratación de las obras de drenaje mayores, la explotación de bancos de materiales así como la carga y el acarreo de los mismos.

Durante la construcción se contó con supervisión de tipo ejecutivo, para garantizar la ejecución correcta de las obras. Para ello, se aplicaron los controles que se mencionan a título enunciativo:

- Los trabajos debían ejecutarse de acuerdo a lo señalado en el proyecto.
- Los cambios serían excepcionales y debidamente fundamentados por cada una de las residencias de obra. Esos cambios podrían ser autorizados, por escrito, por las oficinas centralizadas de la dependencia normativa.
- El aseguramiento, control y verificación de la calidad de los materiales y de la obra se apegarían a la normatividad vigente.
- La tecnología aplicada en alguna etapa de la construcción del camino incidía en la economía de la misma, al usar debidamente productos estabilizadores, aditivos, mezclas de materiales y otras soluciones técnicas.

C) Economía en la conservación

La conservación de los caminos rurales estuvo a cargo de la Dirección General de Conservación hasta el año 1984.

A partir de 1985, el Fideicomiso Conacal se encargó de efectuar tan importante actividad.

F) Economía en la operación

Las recomendaciones técnicas señalaban que la atención oportuna de la conservación del camino

permitiría proporcionar el servicio para el cual había sido diseñado y construido, o sea que los vehículos usuarios circularan a la velocidad de proyecto con un mínimo de molestias.

Debido a que la calificación del estado físico de un gran porcentaje de la red de caminos rurales era mala —porque habían cumplido su vida útil—, se hizo necesaria la programación de su reconstrucción a fin de recuperar las condiciones originales de la vía.

IV.4.2 **Instrucciones básicas**

Con base en las premisas de que en este tipo de caminos el tránsito sería escaso y que el objetivo de la construcción de los mismos, era el de asegurar la transitabilidad en todas las épocas del año, se determinaron para los caminos de mano de obra, las características básicas siguientes:

- Aprovechar las brechas existentes aún cuando no reunieran los requisitos mínimos relacionados con los alineamientos horizontal y vertical, superficie de rodamiento y curvas, susceptibles de ser mejoradas a fin de que cumplieran con las características y funcionalidad necesaria para ser transitadas durante todas las épocas del año.
- Las terracerías debían tener un ancho de corona de cuatro metros para alojar un carril de circulación, revestidas sin compactación.
- El trazo permitiría curvaturas que no excedieran de 60° en terreno montañoso.
- La pendiente máxima podría ser de 12% como máximo en tramos hasta de 60 m de longitud; en caso contrario, habría que dar un tratamiento especial a la superficie de rodamiento con el fin de evitar el derrape de los vehículos en el ascenso.
- La pendiente gobernadora no sería mayor de 9%.
- Los camiones de dos ejes y seis ruedas, con peso total cargado de diez toneladas de peso, serían la gran parte de los vehículos usuarios de los mismos.

IV.4.3 **Elementos del proyecto**

Las normas de proyecto se fueron afinando y unificando, de tal manera que las características básicas para el proyecto de caminos de mano de obra que a continuación se describen, evolucionaron hasta llegar a las normas de proyecto geométrico para caminos rurales, de la SCT, en vigor a partir de 1981.

A) Capacidad

Los caminos tipo "E" —grupo al que pertenecen los caminos rurales— tienen características geométricas restringidas, siendo la principal el ancho de la sección, la cual se reduce a cuatro metros de corona. Esto hace que sólo exista un carril de circulación para ambos sentidos del tránsito, por lo que los problemas de encuentros vehiculares se tienen que resolver con libraderos ubicados según el tipo de terreno.

> En 1989, el inventario de la red rural efectuado por la Dirección General de Construcción y Conservación de Obras Públicas mostró que únicamente el 7% de los caminos había superado la capacidad original de tránsito promedio diario superior de 100 vehículos.

Los ingenieros G. Gustavo Manzo García y Gilberto R. Hernández y Espinosa realizaron el cálculo de la capacidad en los caminos rurales, plasmado en su ponencia "Capacidad en caminos tipo D y E, presentada en ocasión del Seminario Internacional de Caminos Rurales. XXV Años.

Para obtener los niveles de servicio en estos caminos, se hicieron cálculos basados en la teoría del flujo de tránsito y en análisis probabilísticos de los encuentros vehiculares. Los estudios se aplicaron a 48 caminos con una longitud total de 617 kilómetros, bajo las siguientes premisas:

- Camino de este tipo tenía en promedio un libradero cada 500 m.

- En la corriente del tránsito, los vehículos pesados estarían compuestos por autobuses convencionales y camiones unitarios de dos ejes cuyas relaciones peso/potencia eran de 133 kg/HP.
- La velocidad máxima de proyecto era de 70 km/h.
- No era posible efectuar maniobras de adelantamiento a los vehículos que circulaban en sentido opuesto.

Los resultados señalaron que en general los caminos rurales estaban operando satisfactoriamente para la muestra analizada, hecho sustentando en el volumen de tránsito de diez vehículos por hora, a una velocidad media de 28 kilómetros por hora, lo cual arrojó intervalos bajos de encuentro.

A) Entronques

Los entronques y cruces de los caminos rurales con las carreteras principales serán, por lo general, a nivel.

El caso más común será en (T), redondeando las esquinas con curvas de 10 metros de radio mínimo.

Para proporcionar la visibilidad adecuada se removerán los obstáculos que la dificulten.

Los entronques en (Y) representan una mejor solución que los entronques en (T), con la siguiente consideración: las ramas de la (Y) deben tener un (PT) común e igual curvatura.

En el caso de entronques oblicuos será conveniente estudiarlos en forma individual, procurando apegarse a lo señalado en los proyectos tipo de la Secretaría de Obras Públicas de 1969.

B) Alineamiento

Con el fin de abatir el costo de construcción del camino, el factor determinante estaba representando por las pendientes de proyecto, pues en función de las mismas los volúmenes de corte y terraplén se incrementarían o disminuirían.

Si la mayoría de los caminos rurales comunicaban a dos puntos o poblaciones, esta situación permitiría encontrar soluciones sobre la marcha. De esta manera, con el sacrificio del alineamiento horizontal en beneficio del vertical se obtendría una vía con numerosas curvas pero con poca pendiente.

B.1 Alineamiento horizontal

El criterio fundamental consistió en tener un mayor desarrollo en la línea, a fin de evitar trazos directos que requirieran grandes espesores de corte y terraplén.

En lo posible, se debía aprovechar el parte aguas para alojar el trazo del camino, ya que esta condición ofrecía un drenaje natural y únicamente se construirían las obras de alivio necesarias; además, los movimientos de terracerías serían mínimos.

B.2. Alineamiento vertical

El criterio para proyectar la rasante del camino residía en apegar ésta a las ondulaciones naturales del terreno, usando en forma moderada las contrapendientes para evitar espesores de corte y terraplén fuertes.

Para proyectar una rasante económica se estudiaba la sección crítica en cada una de las estaciones que se alojaran en corte.

C) Reconocimiento previo

En algunos casos, el estudio de selección de ruta no fue necesario, ya que ésta se encontraba definida. Cuando no era así, se tuvieron en cuenta las consideraciones que se mencionan en los párrafos siguientes.

- El reconocimiento previo o recorrido de la ruta permitía solicitar al comité pro camino la cesión del derecho de vía, efectuar el estudio preliminar, recabar datos generales de la ruta y formular el ante presupuesto, tomando en cuenta la longitud del camino, puntos obligados, alineamiento, pendientes, tipo de topografía donde se localizaba, drenaje, ubicación de bancos para revestimientos y volúmenes probables de los mismos.
- Al igual que lo hicieron los antiguos constructores prácticos, se trató de alojar la ruta del camino en la mayor extensión posible sobre terreno plano, conservándose dentro de la ruta general.
- Sin embargo, en algunos casos se presentó la situación de que al llegar al pie de una cuesta, la pendiente del terreno era mayor que la máxima admisible, haciéndose forzoso el desarrollo del trazo.
- Con este procedimiento, en terreno montañoso se obtuvieron longitudes hasta 40% mayores a la línea recta que uniría dos puntos.
- De este aumento, más o menos la mitad correspondía a lo que era preciso apartarse de la ruta existente a fin de pasar por los puntos obligados y la otra mitad, a desarrollos y curvas necesarias.
- Entonces, con el propósito de minimizar ese incremento, se procuraba que el alineamiento fuera lo más recto posible.

D) Curvatura

En el alineamiento horizontal se emplearon curvas circulares simples.

El radio de las mismas dependía de la sobreelevación, diseñándose curvas en terreno escarpado que representaban verdaderas vueltas, sin más límite que el grado necesario para que un camión pudiera girar sin necesidad de efectuar maniobras en exceso.

E) Sobre elevación

Los caminos rurales tienen como superficie de rodamiento una capa de materiales de revestimiento, sueltos en la mayoría de los casos. Por ello, se recomendaba el tendido de espesores uniformes para dar la sobreelevación de un mínimo de 2% a un máximo de 10%.

En los casos de sobreelevación máxima, se recurrió a dar un tratamiento especial a la superficie de rodamiento para evitar que los vehículos resbalaran.

F) Transición

Los cambios de alineamiento relativamente bruscos, producidos por la sobreelevación de la corona del

camino, que se convierte en un plano inclinado sin bombeo, se trataron de evitar con una transición antes del "punto donde comienza la curva" (PC) y después del "punto donde termina la curva" (PT).

En un tramo en tangente, se pasaba gradualmente, de la sección horizontal a la sección inclinada y en forma semejante se giraba la sección sobreelevada, en forma paulatina, hasta llegar a la horizontal, variando esta transición en función del grado de la curva.

G) Ampliación de curvas

En caminos rurales, debido a lo angosto de la corona, el vehículo usuario inicia su giro desde que se encuentra en el tramo de transición en tangente, de tal manera que al llegar al PC de la curva las ruedas ya han girado.

Por lo anterior, la curva se ampliaba en una cantidad constante desde el PC hasta el PT y después se disminuía hasta los extremos de las transiciones.

H) Pendiente

En la construcción de caminos rurales, la pendiente ha sido la característica que más obliga a efectuar sacrificios o concesiones.

La experiencia permitió recomendar que esta característica básica no debía ser rígida sino que su aplicación se hiciera racionalmente.

La construcción de caminos con pendiente máxima de 12% en terreno montañoso llevaba implícito el recubrimiento de la superficie de rodamiento.

I) Sección transversal

En terreno plano la rasante mínima se proyectó a la altura necesaria que permitiera alojar las obras de drenaje. Es decir, el drenaje regía el proyecto y la sección se construía en terraplén con préstamos laterales o de banco.

En terreno lomerío resultó adecuado el uso de contrapendientes sin caer en excesos, para apegar el proyecto de la rasante a las ondulaciones del terreno natural, de tal manera que tuvieran cortes y terraplenes mínimos.

Se tuvo en cuenta además, que las compensaciones longitudinales en el estudio de la curva masa se resolvieran con distancias de sobreacarreo cortas.

I.1. Rasante

El proyecto de la rasante estaba condicionado por el drenaje general y se procuraba que involucrara espesores mínimos en terraplén. Lo anterior tenía la intención de propiciar una conservación simple, debido a que los asentamientos que se pudieran presentar por falta de compactación serían menores.

I.2 Ancho de corona

El ancho de corona era siempre de cuatro metros en tangentes en curva y variaba en función del grado de curvatura debido a las ampliaciones que se construían.

Por razones de economía no se consideraron acotamientos, sino ensanchamientos de la corona o libraderos con las dimensiones que se muestran en el cuadro siguiente.

Tipo de terreno	Dimensiones (m)			Distancia entre libraderos (m)
	A	B	C	
Plano	40	20	10	700 a 1 200
Lomerío	24	12	6	400 a 700
Montañoso	16	8	4	Según visibilidad

En las zonas donde la topografía del terreno impidiera una visibilidad suficiente, las ampliaciones de la corona se hicieron en los sitios desde el cual se dominaba un buen tramo de camino, como lo afirmara Fortino Jaime Valencia Cuéllar, en su tesis para examen profesional de ingeniero civil *Utilización de una tecnología adecuada en la construcción de caminos rurales*.

I.3 Pendiente transversal

A fin de desalojar en un tiempo corto el agua que pudiera caer sobre la corona del camino, se daba una pendiente de 3% a 5% hacia ambos lados del eje, cuando el tramo del camino se localizaba en tangente.

El valor de 3% se aplicaba también en el caso de superficies empedradas o adoquinadas.

I.4 Derecho de vía

En términos generales, en los caminos rurales se ha requerido únicamente la faja de terreno para alojar el camino y "en terreno plano el ancho recomendable total era de 15 metros para futuras ampliaciones".

> El inciso IV.5.6. "Criterios para el proyecto geométrico" del "Instructivo para la Construcción de Caminos Rurales" de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, indica que "el ancho del derecho de vía lo determinará el Residente de Caminos Rurales, aplicando su criterio según las condiciones de la zona y del camino".

Con base en lo anterior, el ancho de la franja del derecho de vía no ha sido constante para toda la red de caminos rurales, sino que se amplía o reduce en función de la sección transversal requerida y se reparte en forma simétrica a cada lado del eje del camino.

En el modelo de acta de la asamblea general, en la que una comunidad acepta participar en el Programa de Empleo Temporal y se constituye el comité de beneficiarios pro camino, del *Instructivo de promoción de la SCT 2007*, se señala que el representante de la SCT debe poner de manifiesto como una de las obligaciones del comité mencionado "aportar libre de gravamen el derecho de vía".

Por otra parte, el *Instructivo de promoción 2007* incluye el modelo de convenio que —llegado el caso—, deben celebrar el gobierno federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Comité de Beneficiarios Pro Camino y la contraloría social correspondiente. La cláusula sexta del documento mencionado, señala que "El Comité se compromete a gestionar el libre paso por la franja del derecho de vía donde se ubica el camino…"

J) Revestimiento

Las terracerías se han protegido del tránsito y los agentes atmosféricos, inmediatamente después de

su construcción, mediante una capa de materiales de revestimiento, procedentes de bancos debidamente seleccionados.

Los laboratorios de campo se encargan de determinar las características necesarias para su empleo, tales como resistencia a la acción abrasiva del tránsito, impermeabilidad relativa y capilaridad.

Las principales fuentes de materiales para revestimiento han sido los cauces de ríos y arroyos, las terrazas y los abanicos aluviales. En ocasiones, incluso, los cortes con rocas intemperizadas, de los cuales se han obtenido mezclas de grava arena, limos y arcilla que cumplen con las exigencias para este tipo de vías de comunicación.

En virtud de la dificultad para encontrar material en estado natural apropiado para el revestimiento, se ha sometido a determinados tratamientos, siendo el más frecuente y sencillo el cribado, que se efectúa en el banco a fin de eliminar el desperdicio y disminuir los costos de los sobreacarreos.

El espesor mínimo de la capa de revestimiento ha sido de 15 cm de material suelto, recomendándose 20 cm en promedio a todo lo ancho de la corona.

Con el fin de proporcionar una mayor protección a las terracerías y evitar el incremento en el costo por afinamiento, se ha procurado que el desfasamiento entre las terracerías terminadas y su recubrimiento no pase de 500 metros.

IV.5 **PROYECTO DE PUENTES**

El contenido de este inciso se basa en la ponencia "Técnicas recientes para el diseño y construcción de puentes de caminos de bajo tránsito" que el Ing. Carlos Solares Díaz presentara en el Seminario Internacional de Caminos Rurales. XXV años.

Entre otras estupendas recomendaciones, el ingeniero Solares Díaz sugería que antes de decidir la construcción de puentes se debía analizar la conveniencia de construir vados o puentes-vado y puentes peatonales para algunos cruces, con lo cual se estaría

en posibilidad de ejecutar puentes definitivos para el paso de vehículos.

Por otra parte, comentaba que al considerar a los caminos rurales como "caminos de bajos volúmenes de tránsito, ello presupone su condición de obras de bajas especificaciones tanto de proyecto como de construcción".

Además, de que "su realización debe garantizar el paso durante todo el año de un vehículo de carga ligera, con interrupciones esporádicas que no deben exceder de 24 horas".

IV.5.1 **Criterios generales**

A fin de reducir al mínimo el costo de construcción de un camino rural, se han aceptado pendientes fuertes, altos grados de curvatura y alineamientos verticales y horizontales que llevan a la realización de cortes y terraplenes mínimos. Lo anterior sin descuidar las obras de drenaje necesarias, entre las que pueden mencionarse los puentes.

La primera decisión del proyectista es evitar la construcción de puentes, lo cual puede lograrse, por ejemplo, si el trazo del camino se lleva por las denominadas parte aguas. Numerosos caminos rurales se han dejado de construir al ser necesaria la construcción de un puente de gran longitud, irrealizables al aplicar el estudio de factibilidad mediante el criterio de beneficio/costo.

Ante la presencia de corrientes torrenciales, el cruce del camino deberá resolverse mediante un vado, en especial si la creciente tiene una duración inferior a 24 horas.

Para lograr que el vado tenga una mayor vida útil, conviene que su perfil se pliegue lo más posible al perfil natural del cauce y que se procure mejorar el alineamiento vertical con una pequeña obra de drenaje, por ejemplo un tubo metálico o de concreto, para las aguas mínimas en el cauce principal y proporcionando una superficie de rodamiento adecuada, apartando los boleos de gran tamaño; o mediante zampeado o concreto.

Para corrientes más importantes en las que las crecientes anuales son de duración mayor de 24 horas, será necesario construir puentes.

No obstante, en el caso de caminos rurales resulta en muchas ocasiones conveniente recurrir al denominado "puente vado".

Este tipo de estructura tiene longitud y alturas menores que el puente permanente, ya que resulta suficiente únicamente para el nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO), que se presenta casi todos los años. En tanto que en carreteras troncales el nivel a considerar corresponde al nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME), que se presenta con un periodo de retorno de 50 años.

Un puente-vado tendría entonces la probabilidad baja de verse interrumpido, lo que es aceptable para este tipo de caminos.

Sin embargo, uno de los criterios fundamentales para el proyecto de obras de infraestructura es que su construcción debe cumplir con los requisitos de resistencia y de servicio durante un tiempo prefijado de vida del proyecto. Este tiempo se define como el necesario para que el costo total de la obra sea equilibrado por los beneficios que ésta ha de aportar.

Dentro del costo total se incluyen los de construcción, conservación y operación. Para carreteras troncales, la vida del proyecto se considera generalmente en 50 años. Para puentes de gran claro, en 100.

Los plazos mencionados se fijan tomando en cuenta la razón económica, los plazos de obsolescencia funcional y los costos de las consecuencias de una falla.

La obsolescencia funcional se puede presentar rápidamente si el camino propicia el desarrollo económico de la región a la que da servicio y genera el incremento del tránsito en peso y frecuencia; además, si las consecuencias de falla son de poca importancia económica debido a las condiciones del camino.

Lo anterior significa que la vida del proyecto puede ser corta (diez a 20 años), lo cual significa que estos puentes pueden proyectarse aceptando probabilidades mayores a la falla.

Los estudios previos al proyecto de puentes rurales no requieren la extensión de los realizados para carreteras troncales. Sin embargo, es recomendable la cautela cuando el camino tenga que cruzar una corriente importante. En ese caso, los estudios tendrían

que ser del mismo alcance y profundidad que para las estructuras en carreteras pavimentadas, con el fin de que se puedan tomar decisiones en las que el mayor riesgo quede claramente acotado.

Los criterios para fijar las dimensiones principales en puentes que forman parte de caminos rurales, no difieren de los que se siguen para puentes en carreteras troncales, salvo lo siguiente:

IV.5.2 **Longitud del puente**

El utilizar un gasto de diseño correspondiente a un tiempo de retorno más corto, permitirá, en algunos casos, acortar la longitud del puente.

Sin embargo, cuando los recursos presupuestarios son insuficientes para construir un puente con esa longitud reducida, en la práctica los proyectistas suelen proporcionar longitudes todavía menores.

Si tal es el caso, sería conveniente asegurarse de que los cimientos queden por debajo del perfil previsto de socavación y tratar de que la rasante baje lo más rápidamente posible en los accesos del puente a fin de que las aguas máximas los rebasen y funcionen como aliviaderos.

De esta manera, lo más probable es que la creciente máxima corte los accesos y deje al puente aislado, para que sobreviva, facilitando la reconstrucción posterior al desastre. Además, el puente podría crecer en el futuro, a medida que se disponga de recursos fi-

nancieros y el río lo demande. Es preferible sacrificar longitud de puente, pero no sus cimientos.

IV.5.3 **Ancho del puente**

En las carreteras troncales se recomienda que el ancho del puente deber es igual al del camino. Sin embargo, en los caminos rurales esta regla debe manejarse con cuidado porque, por norma, tienen un solo carril de tránsito y libraderos espaciados que permiten el cruce de vehículos en el sentido opuesto o su rebase, lo que obliga a que los puentes tengan también un ancho suficiente para un solo carril.

La recomendación anterior es económicamente inconveniente en la mayoría de los casos, sobre todo cuando los cimientos son profundos, ya que

la cimentación de un puente con un carril es prácticamente igual, en lo que a volúmenes de obra se refiere, a la cimentación de un puente de dos carriles.

Lo anterior se confirma con el estimado del costo de un puente de un carril, que es igual a un 70% a 90% del costo correspondiente a un puente de dos carriles.

Por otra parte, ampliar un puente existente de un carril a dos vías tiene un costo superior al remanente inicial. Por lo tanto, se aconseja que los puentes en caminos rurales se diseñen de dos carriles.

IV.5.4 **Carga viva**

En los caminos rurales debe considerarse para el proyecto geométrico y estructural de la superficie de rodamiento un camión ligero tipo H-10 AASHTO.

Sin embargo, es conveniente diseñar los puentes de esos caminos para una carga viva mayor tipo HS-20 AASHTO, en virtud de que esta decisión representa un gasto adicional del orden del 10% del costo total del puente en los casos extremos y representa, en cambio, una seguridad importante para la sobrevivencia del puente en el caso de que el tránsito aumente y el camino sea mejorado en el futuro.

En la parte 05 de las normas para construcción e instalaciones carreteras y aeropistas se establecen las reglas para construir las terracerías, las obras de drenaje, los revestimientos y las obras auxiliares de caminos rurales.

Esas normas están formuladas en función del tipo de terreno y consideran como vehículo de proyecto el DE-450 (o C2) que corresponde a camiones de dos ejes y seis ruedas, con un peso total vacío de 4 000 kilogramos y cargado de 10 000 kilogramos.

IV.5.5 **Selección del tipo de estructura**

La estadística de los puentes rurales en México muestra una gran variación de los criterios de selección del tipo de las estructuras.

En primer término, en el proyecto de un puente rural debe tomarse en cuenta su capacidad de carga, es decir, si se trata de un puente peatonal o de un puente vehicular.

Cuando se ha presentado la necesidad de cruzar grandes ríos con aguas permanentes, se ha optado por un puente peatonal en virtud del bajo volumen de tránsito y de la capacidad de carga de los vehículos, llevando el camino hasta las orillas del río y transbordando la carga a pie —de un vehículo a otro— a través del puente, el cual no necesariamente ha sido estrictamente peatonal, sino que ha tenido capacidad para el paso de ciclistas y bestias de carga.

Para grandes claros la solución óptima es un puente colgante. Para el efecto, la Secretaría de

Comunicaciones y Transportes editó el *Manual de proyectos tipo de puentes colgantes*.

Los proyectos incluidos en el manual respetan rigurosamente las normas de seguridad e incorporan detalles técnicos especiales, para cuya construcción se requiere de empresas de ingeniería competentes adecuadamente supervisadas.

En cuanto a los puentes vehiculares, los tipos estructurales no difieren de los aplicados en carreteras troncales. Hasta las primeras décadas del siglo veinte, el puente tradicional que se construyó en México fue el de arcos de mampostería.

En los caminos rurales es frecuente que su trazo pueda incorporar puentes antiguos de mampostería abandonados debido a las modificaciones realizadas a las carreteras troncales, haciendo los cambios que permitan el paso de los vehículos modernos.

Esa rehabilitación se refiere a la modificación del perfil para lograr una rasante adecuada o al mejoramiento de la superficie de rodamiento o al ensanchamiento de la calzada.

Esos tres objetivos se lograron construyendo una base de concreto sobre el relleno del terraplén. En los casos en que la bóveda se encontraba en estado ruinoso, fue necesario demolerla para aprovechar únicamente las pilas y los estribos que soportaron a la nueva estructura.

El común denominador del tipo de estructura en la mayoría de los puentes rurales de mediano claro, fue la superestructura de tramos libremente apoyados de concreto reforzado —colado en sitio— sobre una subestructura de estribos y pilas de mampostería. Este tipo de obra tiene la ventaja de emplear, en forma preferencial, la mano de obra local no calificada y requiere de una tecnología media o intermedia.

IV.6 **SOLUCIONES PRÁCTICAS**

Caso 1. Uso del nivel de albañil

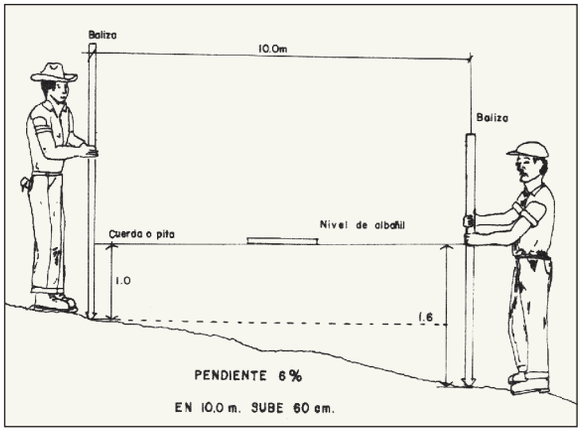
Técnicos experimentados como el Ing. Alberto López Gutiérrez, residente general de caminos rurales en el Centro SCT Jalisco, en 1984, recurrieron al uso del nivel de albañil en la compensación de terracerías —alineamiento horizontal y vertical—, con resultados aceptables.

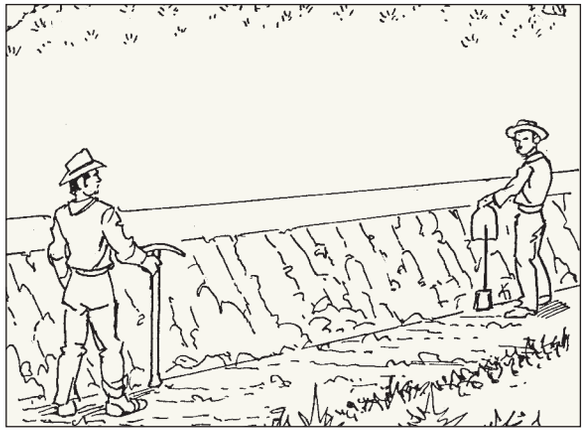
El clisímetro o nivel de mano también fue utilizado para el mismo fin, aún cuando los resultados resultaron inferiores.

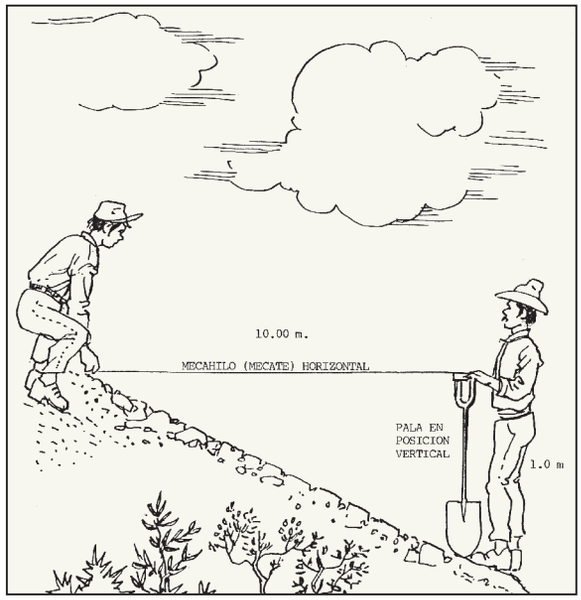
Procedimiento

- Se coloca en el origen, la cuerda o pita a una altura de l.0 metro de la baliza, por ejemplo, a fin de que si se tiene dar una pendiente del 6%, suba 0.60 metros en diez metros de longitud.

La muesca se fija a 1.60 metros y en ese instante, la burbuja del nivel de albañil está en el centro.







Caso 2. Uso de herramientas de mano en nivelaciones

El largo de las palas o los zapapicos fue una ayuda práctica en la medición de la altura o profundidad de terraplenes o cunetas, en especial cuando los trabajos se ejecutaban a mano.

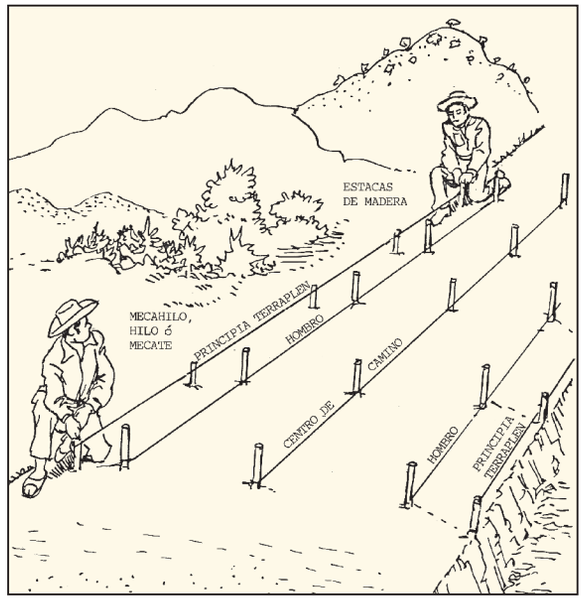
Procedimiento

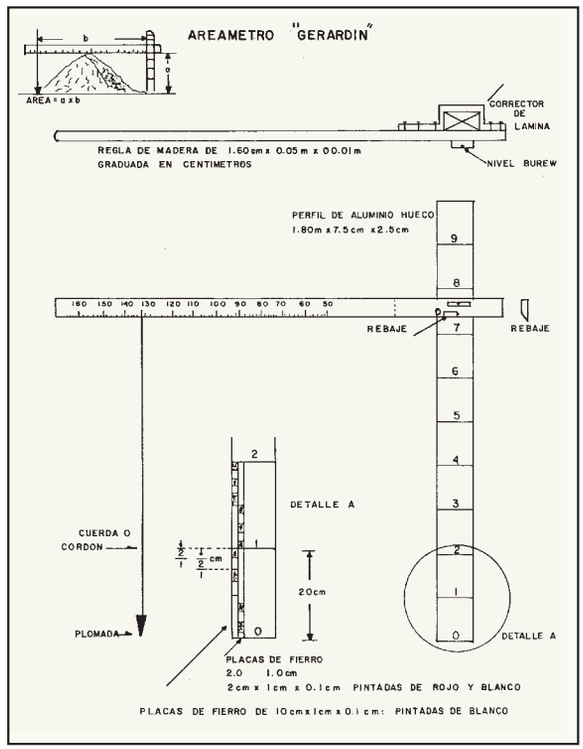
- Se mide la altura de una pala (un metro, aproximadamente).
- A partir del mango de la misma, se tiende una cuerda horizontal —mecahilo, mecate o pita— de 10 metros.
- La pendiente o inclinación —de 10.0% por ejemplo— del terreno se obtiene con la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos.

Este procedimiento permitió efectuar, en forma rápida, la nivelación de pequeños subtramos.

Caso 3. Estacado y reventoneado para alineamiento y bombeo de caminos

El reventoneado ha sido una práctica común en el trazo de caminos.





Mediante el estacado se señalan el centro, los hombros y el principio del terraplén.

Las estacas de madera también se utilizan para el señalamiento de las referencias del trazo.

Con los hilos se da el alineamiento y el bombeo, los cuales se estiran o tensan de estaca a estaca.

Caso 4. Herramienta para la medición de áreas

El Ing. Raúl Jiménez González "Pituchín", eminente caminero, diseñó el areámetro "Gerardín", para la medición de áreas en forma práctica y sencilla.

El areámetro está integrado por un bastidor y una plomada.

El bastidor —vertical— es de aluminio; en forma perpendicular al mismo se coloca una regla de madera graduada en centímetros, que en su parte inferior tiene un nivel que permite asegurar el ángulo de 90° entre bastidor y regla.

De la regla cuelga una plomada sostenida por una cuerda o un cordón.

Bibliografía

Album de proyectos tipo de elementos para alcantarillas de caminos rurales. México, SCT, 1986.

Baltazar Tavera, Rubén, "Elaboración de proyectos tipo para obras de drenaje con uso intensivo de mano de obra", en Reunión de Comités Técnicos de la Asociación Permanente de Congresos Mundiales de Carreteras (PIARC). México, 1984.

Jara López, Manuel; Felipe José López, Mario Regín Sánchez, y Javier Sánchez Casao, "Método para el diseño hidráulico de cunetas, contracunetas y obras de alivio de caminos rurales". México, 1984.

Libro 2 normas de servicios técnicos. Parte 2.01 proyecto geométrico. Título 2.01.01 carreteras. México, SCT, 1984.

López Gutiérrez, Alberto, Residente general de caminos rurales en el centro SCT Jalisco, "Soluciones económicas en el proyecto de localización, construcción y conservación de caminos rurales". Guadalajara, Jal., 1981.

Ministerio de la Construcción, "Normas de proyecto y procedimientos constructivos para caminos rurales con mano de obra intensiva", Managua, Nicaragua, 1980.

Manual de proyecto geométrico de carreteras, 4ta. impresión. México, SAHOP, 1981.

Normas de proyecto geométrico de caminos rurales. México, SCT, 1985.

Proyectos tipo de alcantarillas y puentes para caminos rurales. México, SCT, 1988.

Olivera Bustamante Fernando, *Manual de drenaje para caminos rurales*. México, 1981.

CAPÍTULO V. ***La variable ambiental***

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO V. ***La variable ambiental***

La normativa en vigor a fines de la década de 1960 y la siguiente señalaba que la construcción de todo tipo de caminos tenía que hacerse con el estricto cumplimiento de la misma.
Los documentos técnicos para el proyecto y la construcción de caminos rurales consideraron condicionantes para que las terracerías se formaran con préstamos laterales, y el desmonte incluía la tala y quema de la vegetación que se cortaba.
Con la aparición de la normativa relacionada con la variable ambiental en obras federales —y el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra lo eran— fue necesario incluirla en todos los proyectos de construcción y conservación.
El capítulo incluye los aspectos más relevantes de la normativa legal y técnica y se relata el impacto que tienen los caminos rurales en el medio ambiente.

V.1 **INTRODUCCIÓN**

La contaminación ambiental y el deterioro de las condiciones ecológicas ha sido un problema cuya atención, por parte de la dependencia a cargo de la construcción de infraestructura carretera, le ha impuesto la obligación de utilizar todos los medios que ha tenido a su alcance para prevenirlo o atenuarlo.

En general, se considera que las obras de infraestructura carretera afectan decisivamente las condiciones del medio en que se alojan y en ocasiones llegan a deteriorarlo en forma drástica.

V.2 **NORMATIVA LEGAL Y TÉCNICA PARA LA VARIABLE AMBIENTAL EN PROYECTOS CARRETEROS**

La Ley de Obras Públicas de 1983, señalaba expresamente la necesidad de predecir los impactos ambientales que producirían las obras, sus consecuencias y la obligación de adoptar las medidas necesarias para neutralizarlos o mitigarlos.

El artículo 13 de la mencionada ley precisaba: "En la planeación de la obra pública, las dependencias y entidades deberán prever los efectos y consecuencias sobre las condiciones ambientales. Cuando éstas

pudieran afectarse, los proyectos deberán incluir lo necesario para que se preserven, restauren o mejoren las condiciones ambientales y los procesos ecológicos".

La versión 2005 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, indica en su artículo 20 que "Las dependencias y entidades estarán obligadas a considerar los efectos sobre el medio ambiente que pueda causar la ejecución de las obras públicas con sustento en la evaluación de impacto ambiental prevista por la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente".

"Los proyectos deberán incluir las obras necesarias para que se preserven o restituyan en forma equivalente las condiciones ambientales cuando éstas pudieran deteriorarse y se dará la intervención que corresponda a la Semarnap, y a las dependencias y entidades que tengan atribuciones en la materia".

La normativa técnica de la SCT ha considerado siempre la variable ambiental como parte integrante del proyecto ejecutivo de proyectos carreteros en general.

Desde la década de 1970 la Secretaría de Obras Públicas en su *Manual de proyecto geométrico de carreteras* consideraba un capítulo dedicado al "Paisaje", en el que mencionaba como objetivos del proyecto, entre otros, a los siguientes:

- Proteger el camino contra erosiones, derrumbes y azolvamientos, con lo cual se logrará disminuir las obras de reparación y mantenimiento.
- Proteger la naturaleza de la zona contra las perturbaciones causadas por la construcción del camino.

El capítulo mencionado en párrafos anteriores trataba el aspecto ecológico de las zonas adyacentes al camino, entre otros tópicos de la variable ambiental.

Por otra parte, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, en el *Instructivo para la construcción de los caminos rurales* de 1981, mencionaba en el inciso X Paisaje, que "los caminos de tipo E–rurales se integran fácilmente al paisaje", debido a sus características geométricas y a que "los grandes cortes, terraplenes y bancos de préstamo de material que interrumpen el paisaje son raros" en este tipo de vías de comunicación.

La experiencia en la construcción de 73 000 kilómetros de caminos rurales que se tenía en 1983, demostró que el impacto que podían producir en el medio ambiente dependía directamente del tipo y de las características del propio camino, de los rasgos topográficos, geológicos y geomorfológicos, climatológicos e hidrográficos, bióticos, y de uso del terreno, del medio en donde se construían, que no es uniforme a lo largo de la ruta, y de su zona de influencia, así como de la forma en que se alojaban.

Por sus peculiaridades, la infraestructura para el transporte, y en especial el camino, puede agredir al medio ambiente de dos maneras:

- Directamente, al deteriorarlo en forma drástica y progresiva durante el proceso de construcción.
- Indirectamente, al degradarlo a través del tránsito de vehículos con todas sus consecuencias secundarias.

La importancia de los impactos que producen los caminos en el medio estriba en la magnitud, características y variados usos del suelo que se hacen en las zonas afectadas.

> La red de caminos rurales de México tenía en el 2007 un desarrollo de 113 000 kilómetros y ocupaba un área aproximada de 17 000 km^2 incluyendo el derecho de vía que recibe el impacto directo de las obras, además de una superficie semejante que se afecta indirectamente en el medio circundante o sea que el sistema está afectando con diferente intensidad un área total de 34 000 km^2.

Para atenuar la acción destructiva de la construcción de caminos rurales, se hacía necesario que los nuevos

caminos, así como la modernización y reconstrucción de los existentes, se incorporaran en forma armónica al medio, adoptando las medidas preventivas del caso.

Para ello, los proyectos geométricos de esas vías deberían basarse en estudios interdisciplinarios que cubrieran los múltiples aspectos del problema y permitieran identificar los impactos directo e indirecto de cada componente, con el propósito de contrarrestarlos o minimizarlos, seleccionando en cada caso, la localización y las características más adecuadas.

Además de los estudios de factibilidad técnica y socioeconómica que se realizaban en forma tradicional para justificar los proyectos se efectuaron estudios de factibilidad ambiental que demostraron su viabilidad desde el punto de vista de la conservación del medio.

V.3 **FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DETERIORO DEL MEDIO**

Los factores que intervienen en el deterioro del medio son los siguientes:

V.3.1 **Características del camino**

Del ancho del derecho de vía depende la magnitud del área afectada en forma directa, y de la altura de los terraplenes y de la profundidad de los cortes depende la extensión del área adicional afectada en forma indirecta.

V.3.2 **Aspectos topográficos del terreno**

Condicionan el grado de deterioro ambiental que puede producir el camino, que en términos generales es susceptible de aumentar a medida que el terreno se vuelve más accidentado, debido a que crecen las áreas expuestas a la erosión en los cortes del terreno y se favorece el arrastre de los materiales.

V.3.3 **Características geológicas del terreno**

Los geólogos expresan que además de las arcillas, limos, arenas y otros materiales blandos o sueltos, las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates, son fácilmente erosionables en los taludes expuestos y propician los asentamientos y deslizamientos de masas de materiales, ya que se depositan en la corona del camino con la consiguiente interrupción del tránsito, o pueden deslizarse aguas abajo y afectar las áreas vecinas y aun contaminar las aguas de las corrientes interceptadas, que conducirán los acarreos para sedimentarlos en los lugares menos propicios.

V.3.4 **Clima e hidrología**

El clima y la hidrología ejercen influencia determinante en el proyecto del camino y en la perturbación del medio ambiente, en primer término en lo que

se refiere al efecto directo de los agentes erosivos, como la lluvia y el viento, productores de los azolves que pueden sedimentarse en los sistemas de drenaje y obstruir los escurrimientos, y en las estructuras de cruce que al reducir el área libre propician su flanqueo.

En segundo lugar en la acción de las corrientes y el flujo de agua que intercepta el camino, que pueden dar lugar al ascenso de los niveles freáticos e inundaciones en el lado de aguas arriba, u originar cambio de cursos, retención de escurrimientos y niveles freáticos abatidos en el lado de aguas abajo, con la consiguiente degradación de la vegetación, que favorecería el deslizamiento de tierras.

V.3.5 **Eliminación de la vegetación natural del derecho de vía y de las zonas de bancos**

Debido a este factor pueden perturbarse en forma drástica los ecosistemas naturales de una superficie mayor que la afectada directamente por el camino, extendiendo el efecto a todo el sistema biótico.

Este efecto negativo por lo general es más palpable en las zonas montañosas cubiertas de bosques y en las selvas tropicales húmedas, donde se acentúa también el deterioro del paisaje natural.

V.3.6 **Intensidad de uso y características del terreno en el área que cubre el derecho de vía y las franjas laterales adyacentes**

Los principales efectos debido a este último factor serían:

- La eliminación de áreas de cultivo, con la consiguiente reducción de la producción agropecuaria.
- La destrucción de la cubierta vegetal.
- La erosión.
- El fraccionamiento de las comunidades, que pierden su unidad.
- Las afectaciones a la tenencia de la tierra.
- El deterioro de sitios de interés histórico y bienes culturales.
- La perturbación del paisaje natural.
- Los conflictos sociales y
- La contaminación atmosférica.

Al tomar en cuenta los seis factores descritos anteriormente, se obtienen múltiples combinaciones que pueden manejarse mediante una matriz compleja, asignando valores a los elementos, para contar con una base numérica y de esa manera, evaluar el impacto potencial de los caminos rurales en cada uno de los diferentes medios.

V.4 **IMPACTO DE LOS CAMINOS RURALES EN EL MEDIO AMBIENTE**

Los factores más relevantes que influyen en el impacto de la construcción de caminos rurales son los siguientes:

1. Bióticos
2. Uso del terreno: riego, temporal, pradera, forestal, plantación.

En 1989, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes dictó a su personal técnico y consultores externos las siguientes instrucciones generales para el diseño y la supervisión de la construcción de caminos rurales:

1 El diseño del alineamiento tenía como objetivo causar el mínimo cambio posible al terreno existente y utilizar drenaje natural.
2 Se efectuarán al mínimo desmontes y terraplenes.
3 En lo posible los alineamientos seguirán la brecha existente, a fin de evitar erosiones futuras.
4 Únicamente cuando los métodos con mano de obra intensiva no sean factibles se recurrirá al equipo.

5 Los daños al terreno natural fuera de la corona del camino y sus cunetas laterales serán los mínimos posibles.
6 La vegetación dentro del derecho de vía se cortará únicamente en el ancho requerido para darle funcionalidad al camino, por cuanto a la distancia de visibilidad adecuada y operación eficiente del drenaje.
7 Cuando existiera riesgo de erosión se tomarían las medidas adecuadas de protección, tales como la construcción de muros o la plantación de arbustos en los taludes.
8 En relación con los movimientos de tierra, se permitieron cortes en los sitios donde no se originaba erosión y estéticamente convenían al acabado final de los trabajos.

Para la mitigación de los daños al medio con la construcción de caminos rurales, se dictaron las medidas convenientes una vez que se habían detectado los posibles impactos negativos.

V.5 **TRATAMIENTO DE LA VARIABLE AMBIENTAL EN LOS CAMINOS RURALES**

Los proyectos de caminos rurales tienen dos características básicas relativas a sus impactos ambientales que los hacen distintos de otras obras viales, de acuerdo con lo considerado por José Rente Nascimento en su ponencia "Tratamiento de la variable ambiental en caminos rurales", presentada durante el Seminario Internacional de Caminos Rurales. XXV Años.

1. Con frecuencia existen o son construidos junto con más de una obra en zonas rurales generalmente de difícil acceso, donde las actividades agrícolas son desarrolladas y/o existen bosques y eventualmente comunidades indígenas. Esta primera característica hace que tales proyectos normalmente tengan un impacto indirecto económico, social y ambiental sobre áreas de gran extensión.
2. Dado que por lo general se trata de obras con una vida útil más reducida en comparación con carreteras pavimentadas, la estabilidad de los caminos rurales es menor y su deterioro más rápido, condiciones que pueden inducir impactos ambientales directos mayores.

Además, los costos de construcción de los caminos rurales son inferiores a los costos de carreteras con pavimento asfáltico, por ejemplo, lo cual permite que se puedan construir mayores longitudes de vías con los mismos recursos.

En consecuencia, los recursos financieros necesarios para evitar, mitigar, corregir y/o compensar los impactos ambientales negativos —directos o indirectos— de caminos rurales, son en proporción, mayores que aquellos relativos a carreteras pavimentadas.

Los impactos ambientales indirectos, a su vez, tienen una mayor probabilidad de ocasionar consecuencias negativas en las áreas de influencia indirecta de los proyectos. Esta situación se presenta cuando se tiene la presencia de bosques remanentes, cuando se intensifica la utilización del suelo y cuando existen comunidades indígenas en la zona.

V.5.1 **Modelo básico para el tratamiento de la variable ambiental**

El modelo básico es una opción para garantizar la calidad ambiental de los caminos rurales.

Los impactos ambientales de caminos rurales pueden ser divididos en dos grupos principales: impactos directos e impactos indirectos.

Los impactos directos son aquellos efectos sobre el medio y/o el patrimonio cultural directamente asociados a la construcción, operación y mantenimiento de la obra.

Los impactos indirectos son los efectos económicos, sociales, culturales y/o sobre el patrimonio histórico/arqueológico —en su caso— que estas obras tienen sobre su entorno, como una consecuencia indirecta de las actividades de construcción o por la existencia de las obras a partir de sus resultados de ampliación de la accesibilidad.

Estos impactos están básicamente asociados a los cambios en el uso de suelo, en las condiciones de vida de poblaciones tradicionales y efectos sobre zonas aisladas.

La diferencia entre los dos tipos de impactos se encuentra en la normalización para su prevención, corrección, mitigación y/o compensación.

Los impactos directos, por estar asociados directamente con las obras y su funcionamiento, son de la responsabilidad básica de las dependencias o entidades viales responsables de las etapas de planeación, ejecución y mantenimiento de las obras.

Los impactos indirectos involucran instrumentos de políticas que no están bajo el control de una dependencia o entidad única, y donde las áreas encargadas de las redes viales no tienen responsabilidad directa sobre las posibles medidas ambientales, que podrían formar parte de la normativa de protección al medio ambiente.

La solución mínima necesaria para garantizar la viabilidad ambiental de proyectos de caminos rurales requiere de un tratamiento adecuado de los dos tipos de impactos.

Para el caso de los directos, los aspectos ambientales se consideran desde la etapa de planeación de la obra, incluida la identificación de alternativas de trazos y la preparación de proyectos de ingeniería.

Este modelo considera un mecanismo de coordinación con las dependencias o entidades públicas que atienden los servicios forestales, la protección a los grupos indígenas y la protección al patrimonio cultural, entre otras; y con las instituciones privadas que permiten tratar en forma apropiada los impactos ambientales indirectos.

V.5.2 **Modelo alternativo mínimo para el estudio de la variable ambiental**

La forma más simple de tratar los impactos ambientales negativos directos de los caminos rurales es mediante la utilización de especificaciones generales y particulares, aplicables en toda la longitud del proyecto.

En México, la variable ambiental para proyectos de caminos rurales se ha atendido a través de estudios cuyos resultados y recomendaciones se vierten en el documento denominado "Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)" para la construcción de un camino rural en una zona determinada o "Manifestación de impacto ambiental regional", si el camino abarca varias regiones.

Mediante la MIA se han dado a conocer, a partir del análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo del camino, los efectos que el mismo representa para el equilibrio ecológico o del ambiente.

El conocimiento de tales efectos ha permitido elegir las medidas técnicas y prácticas de ingeniería, tendientes a prevenir, evitar, mitigar, minimizar, compensar o controlar los efectos adversos al medio y su dinámica natural, durante la ejecución e inclusive la operación de la vía.

El Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, es parte del sustento jurídico de los estudios mencionados.

El mencionado ordenamiento, en el artículo 5°, inciso III, establece que la construcción de vías generales de comunicación, incluyendo carreteras y puentes federales, deberán contar con autorización expresa de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap).

Específicamente señala que la presentación de la MIA considerada en el artículo 6° del reglamento citado antes, debe incluir previamente —tal como se indica en el artículo 7° del propio ordenamiento— un Informe Preventivo para que la Semarnap determine si procede la elaboración de la manifestación de tipo general.

V.6 **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AMBIENTALES GENERALES Y PARTICULARES**

En 1994, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Fideicomiso Conacal, dictaron una serie de especificaciones técnicas ambientales tanto generales como particulares.

V.6.1**. Especificaciones técnicas ambientales generales por actividad**

- Los campamentos y los patios de maquinaria/talleres mecánicos.
- La salud ocupacional y de las comunidades involucradas.
- El permiso de los propietarios y usufructuarios de terrenos.
- Uso de mano de obra de la comunidad.
- Ampliación de la plataforma existente.
- Taludes y cunetas.
- Erosión y sedimentación.
- Explotación de bancos de materiales.
- Contaminación (agua, aire, suelo y ruido).

V.6.2 **Especificaciones técnicas ambientales particulares por actividad**

- Campamentos y patios de maquinaria.
- Salud ocupacional.

- Permisos de propietarios y usufructuarios.
- Uso de mano de obra de la comunidad.
- Erosión y sedimentación.
- Explotación de bancos de materiales.
- Contaminación (agua, aire, suelo).
- Reforestación.

Cada camino podía considerar varias o todas las especificaciones generales y particulares mencionadas antes. De acuerdo con su grado de cumplimiento, se aceptaba o sancionaba a la empresa o contratista ejecutora de los trabajos de construcción, modernización o reconstrucción de caminos rurales.

A manera de ejemplo, se citan dos especificaciones generales y una particular, aplicadas en 1982 a la modernización del camino rural Peñamiller—Adjuntas de Guillén en el estado de Querétaro.

A) Especificación técnica ambiental general de taludes y cunetas

"Todos los taludes y cunetas deben ser estables y no estar sujetos a la erosión o desplazamientos en el corto o largo plazos. Para esto se adoptarán las medidas de protección apropiadas (pendiente, revestimiento con materiales constructivos o cobertura vegetal)".

B) Especificación técnica ambiental general de la explotación de bancos de materiales

"Al abandonar los bancos temporales, el contratista remodelará el terreno sujeto a explotación, así como los caminos provisionales adaptados para tal efecto, para recuperar sus características hidrológicas superficiales y establecerá una cobertura vegetal permanente, preferencialmente con las especies nativas adecuadas. Donde las condiciones climáticas lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de los bancos de materiales deberán ser conservados y depositados para posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa".

C) Especificación técnica ambiental particular de erosión y sedimentación

"Con el fin de mitigar las afectaciones detectadas en este camino, referentes a la problemática ambiental de la región, no atribuibles a la ejecución del proyecto

pero ocasionadas por la construcción del camino original, se propone el establecimiento de muros de mampostería en los cauces de los escurrimientos en los que se detectó la problemática, entre los que se encuentran los siguientes, ubicados en los kilómetros que a continuación se enlistan: 1+970, 2+120, 2+570, 2+840, 3+580, 3+860, 3+950, 5+450, 5+550, 6+750 y 6+930".

V.7 **ESPECIFICACIONES AMBIENTALES GENERALES PARA CAMINOS RURALES**

Con el tiempo, se llegaron a dictar las especificaciones ambientales generales (EAG), de carácter obligatorio para los participantes en la localización, proyecto, construcción, conservación o modernización de caminos rurales.

Los siguientes son algunos ejemplos de tales especificaciones ambientales.

EAG 1–DESMONTES

Será conveniente que en todos los casos de desmonte no se haga más allá de 1.00 metros de la línea de ceros.

EAG 2–DESPALMES

El material de despalme se usa para proteger a las terracerías contra la erosión y ayudar a desarrollar el paisaje en la obra carretera, al propiciar el desarrollo de las especies vegetales.

EAG 3–DESPERDICIOS DE CORTES Y EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS

La práctica de disponer de los desperdicios del material de corte lateralmente en las secciones en balcón o vaciarlos aguas abajo o en la depresión más próxima constituye una de las agresiones más fuertes que puede ocasionar una obra vial al medio ambiente.

EAG 4–EXPLOTACIÓN DE PRÉSTAMOS DE BANCO

La explotación de préstamos laterales es un procedimiento que tiende a entrar en desuso por los problemas que ocasiona al ambiente, al drenaje, a la salud, a veces a la estabilidad de la obra, a la seguridad de su operación (cuando los vehículos llegan a salirse del camino) y a las posibles ampliaciones de la obra.

EAG 5–DRENAJE TRANSVERSAL (ALCANTARILLAS)

Existe la tendencia para el caso de los escurrimientos pequeños, de canalizarlos aguas arriba del camino, a talwegs más importantes, a fin de obtener ahorros en el drenaje menor.

El impacto ambiental es negativo para la parte baja de la cuenca interceptada, al alterarse las condiciones de humedad y la vida que soportan.

Por ello todos los escurrimientos deben contar con su alcantarilla para no perturbar mayormente el equilibrio ecológico de las pequeñas cuencas.

EAG 6–SUPEFICIES DE RODAMIENTO REVESTIDAS O DE TERRACERÍAS

Las superficies de rodamiento son capas de materiales de desgaste sujetas al intemperismo. El polvo producido por el viento y el tránsito afecta el proceso reproductivo de las plantas y por consecuencia los cultivos de flores y frutales. Así mismo a las personas que viven cerca del camino y a los vehículos que circulan por el mismo, los afecta elevando sus costos de operación pues acelera su desgaste y hace más lentos los tiempos de recorrido.

EAG 7–OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

La operación del equipo se debe hacer en condiciones óptimas de su estado mecánico para disminuir al máximo las emisiones de gases y ruidos que pueden perturbar a la fauna, a poblaciones aledañas y a los propios trabajadores camineros.

Bibliografía

Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos y Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C., curso "Impacto ambiental de carreteras y puentes". Cuernavaca, Mor., 1997.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México, 1988.

Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas. Diario Oficial de la Federación. México, 2005.

Manual de proyecto geométrico de carreteras. 4ta. Impresión. México, SAHOP, 1981.

Impacto de los caminos en el medio ambiente. México, SCT, 1983.

Primera Reunión Nacional de Ecología "Consideraciones sobre la importancia de la ecología en los caminos", México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Fideicomiso Conacal, Seminario Internacional de Caminos Rurales. José Rente Nascimento "Tratamiento de la variable ambiental en caminos rurales". México, 1992.

Tecnodesarrollo, S. C. Consultores, *Resumen Ejecutivo del tercer Informe mensual de los trabajos de auditoría ambiental de impactos para la obra de modernización del camino Peñamiller-Adjuntas de Guillén, en el Estado de querétaro*. México. 1982.

CAPÍTULO VI. ***Construcción***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO VI. ***Construcción***

Los procedimientos constructivos para el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra fueron tan exitosos que delegaciones de ingenieros de Latinoamérica, África y Asia visitaron nuestro país para aprender la tecnología.
A su vez, ingenieros mexicanos fueron invitados a países de Centroamérica, Sudamérica y el Caribe para dirigir sus programas de factibilidad o para dictar conferencias y enseñar los pormenores del sistema mexicano de construcción de infraestructura vial rural.
Como es natural, tanto a los ingenieros que visitaron el país como a los asistentes a cursos impartidos en los Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones de naciones amigas se les proporcionaron publicaciones de índole técnica y normativa que se habían elaborado en México.
El capítulo contiene una recopilación de la normativa y de los aspectos relevantes que deben considerarse en el mejoramiento de brechas y en cada una de las etapas de la construcción de caminos rurales con el uso intensivo de mano de obra.

VI.1 **NORMATIVA**

El *Instructivo para la construcción de los caminos rurales* de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, editado en 1977, es una guía para la unificación de criterios y representa la concentración de gran parte de la experiencia obtenida hasta la fecha en materia de construcción de terracerías, revestimiento y obras de drenaje.

El libro *Caminos rurales. Normas para construcción e instalaciones*, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), editado en 1985, contiene los procedimientos para la construcción de terracerías (3.05.01), obras de drenaje (3.05.02) y revestimientos (3.05.03) de caminos rurales, aún en vigor en el 2008.

Por otra parte, la SCT asienta en la introducción del libro *Propósito de la normativa para la infraestructura del transporte* que el "Tema Car. Carreteras abarca todo tipo de carreteras, desde las brechas hasta las autopistas, así como todas las obras necesarias para su operación". Este grupo de normas se encuentra vigente a partir de 1999.

Para la atención del Programa de Empleo Temporal (PET), la SCT elaboró en 1999 el *Manual para la construcción, reconstrucción y conservación de caminos rurales, con uso preferencial de mano de obra,* que en su

capítulo 4 subcapítulo 4.1 señala que la "ejecución de las obras se hará con base en las indicaciones de este Manual, lo estipulado en las Normas de Construcción de Caminos Rurales y las Normas para el Proyecto Geométrico, además de las Especificaciones de Proyecto". La propia SCT editó en el 2007 el *Instructivo técnico para la conservación y reconstrucción de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra* 2007, dentro del Programa de Empleo Temporal.

En el párrafo 2.2.5 de ese instructivo se indica que "Los trabajos que se realicen en este programa deben cumplir con las normas y especificaciones técnicas de la SCT, así como las demás normas ambientales, jurídicas y administrativas en vigor".

La experiencia de 40 años en el mejoramiento de brechas y caminos rurales con el uso de una tecnología apropiada, que da preferencia a los recursos locales, permite identificar peculiaridades en la construcción de esta infraestructura vial que deben ponerse al alcance de los estudiosos y los investigadores.

VI.2 **MEJORAMIENTO DE BRECHAS**

VI.2.1 **¿Qué se entiende por brecha?**

Las brechas para el tránsito a pie o en bestias de carga y silla fueron obras ingeniosas de localización —en general producto del sentido común de arrieros y jinetes—, quienes sin conocimientos técnicos las localizaron a fin de realizar un esfuerzo mínimo de los peatones o de la bestia de carga, gran dosis de economía en la construcción y prácticamente sin inversiones para su mantenimiento.

Las brechas existentes en el medio rural representan una vía de comunicación deficiente y de carácter temporal, cuando quedan en desuso con el desarrollo de la infraestructura carretera troncal. La historia muestra que solamente un pequeño porcentaje de esas brechas se han adaptado de manera conveniente para el tránsito de vehículos de motor.

En su aspecto general las brechas presentan las siguientes características:

- El movimiento de tierras es escaso o nulo.
- Los alineamientos horizontal y vertical están condicionados a la configuración del terreno y a las restricciones que impone la propiedad y el uso de la tierra.
- La subrasante es inadecuada.
- La superficie de rodamiento es irregular.
- El material en la superficie de rodamiento tiene un bajo valor soporte.
- El drenaje deficiente y/o insuficiente ocasiona interrupciones parciales del tránsito durante la temporada de lluvias.
- Cuando las brechas se abrieron al tránsito de vehículos no se consideró ni la calidad de los materiales ni el comportamiento de los suelos.

VI.2.2 **Trazo de la brecha**

El mejoramiento de las brechas tiene el objetivo primordial de hacerlas transitables, mediante algunas rectificaciones al trazo o a las pendientes; el cambio del alineamiento vertical y/o horizontal en algunos subtramos, la habilitación del drenaje menor y/o de la superficie de rodamiento, y el revestimiento de los tramos que lo requieran. Los trabajos en el mejoramiento de brechas se realizan con el uso intensivo de la mano de obra local, la utilización de los materiales de construcción más abundantes en la región y el apoyo de equipo para la extracción y el acarreo de los materiales para el revestimiento.

Para el aprovechamiento de la ruta existente, una de las primeras acciones consistió en el cortar en las zonas que se requiriera la vegetación dentro de la franja del derecho de vía, a fin de evitar que pudiera estorbar la visibilidad o producir humedecimiento constante de la superficie de rodamiento.

Cuando la ruta se encontraba localizada en terrenos firmes y estables, en los que no hacía falta la

habilitación de las terracerías, se construyeron únicamente obras de drenaje y se dio un perfilado a la sección para que tuviera cuatro metros de ancho de corona, con el bombeo requerido.

Los movimientos de tierra consistieron, básicamente, en trabajos de cortes y de manera esporádica en la formación de terraplenes. Esos cortes se realizaron sobre todo en las curvas, a fin de facilitar las maniobras de los vehículos usuarios.

Las terracerías se protegieron mediante la colocación de una capa de revestimiento, con materiales que se seleccionaron de forma adecuada y que provenían de bancos cercanos al camino, en las más de las veces.

VI.2.3 **Habilitación del drenaje de la brecha**

La instrucción principal consistió en proyectar obras definitivas, ya que un drenaje eficaz protege al camino de los efectos destructores del agua durante la temporada de lluvias y proporciona mayor estabilidad a la superficie de rodamiento; mientras que un drenaje inadecuado o incompleto podría originar daños graves a los caminos hasta inutilizarlos.

Para ello se hizo necesario encauzar en forma adecuada el fluido transversal y longitudinal al camino, mediante obras que consideraran la utilización de materiales de construcción que se pudieran adquirir en la región.

En lo posible, los materiales cumplieron con las normas de calidad establecidas por la dependencia normativa de la época.

VI.2.4 **Acondicionamiento de la superficie de rodamiento de la brecha**

En las zonas en las que los suelos eran rocosos o estuvieran constituidos por conglomerados fuertemente cementados, el suelo natural con los trabajos de corte y relleno necesarios proporcionó una

adecuada superficie de rodamiento, sin necesidad de agregarle ningún revestimiento.

Cuando las terracerías se formaron con el producto de las excavaciones de cunetas y contracunetas, y ese material era de la calidad requerida para ser utilizado como revestimiento, se suprimió esta capa.

Cuando el material de las terracerías no tenía la suficiente capacidad de soporte para resistir el tránsito, sobre todo en la temporada de lluvias, o aunque tuviera la resistencia necesaria originaba el patinaje de las llantas de las unidades, fue conveniente tender una capa de tierra antes de revestirlas, a fin de lograr una reducción en el costo del revestimiento.

VI.2.5 **Mejoramiento de la superficie de rodamiento de la brecha**

A) Desmonte

El desmonte se realizó en una franja que incluía la cama del camino y las cunetas, los libraderos para el cruce o rebase de vehículos y una zona comprendida entre el fondo de las cunetas y un metro hacia afuera de ellas. Por excepción se efectuaba hasta las contracunetas.

El corte de árboles se hacía razonablemente, ya que los estudios de impacto ambiental en los caminos rurales se establecieron hasta la década de 1990.

Se procuraba que el desmonte estuviera terminado cuando menos un kilómetro adelante del resto de las demás actividades.

B) Ampliación de la corona

Por tener un solo carril de tránsito, el ancho de cuatro metros en la brecha no permitía el cruce o rebase de dos vehículos a todo lo largo de la misma. Para aumentar la capacidad de la vía, se proyectaron y construyeron libraderos, que "son ampliaciones a la corona, cuyo espaciamiento se determina según lo accidentado del terreno, la distancia de visibilidad y el volumen de tránsito a que estará sujeta la brecha mejorada".

El ancho mínimo de los libraderos sería la distancia entre ejes de los automóviles usuarios. Sin embargo, en terreno montañoso y lomerío fuerte, por economía, y tomando en cuenta que las velocidades que se alcanzan son bajas, las dimensiones de las ampliaciones se redujeron.

En terreno plano y lomerío el ancho de la ampliación no convenía disminuirse, en virtud de que ese tipo de terreno permite a los usuarios transitar a mayores velocidades que en montaña o lomeríos fuertes.

Tipo de terreno	Libraderos o ampliaciones de corona	Observaciones
Plano y lomerío	3 o 4 por kilómetro	La distancia de visibilidad es grande.
Montañoso	En zonas que lo permitan	Se evitan excesivas maniobras de retroceso.

C) Nivelación de terracerías

Al iniciarse el programa de mejoramiento de las brechas construidas por las comunidades rurales se observó que eran transitadas únicamente en la temporada de lluvias por vehículos de doble tracción, de doble rodada o de tracción sencilla con el empleo de cadenas. Esta situación propiciaba la formación de surcos, algunos profundos.

A fin de cambiar las condiciones de la superficie de rodamiento, fue conveniente renivelarla y rellenar las depresiones, además de canalizar el tránsito. El relleno se hizo con piedras para propiciar una compactación más o menos uniforme a lo ancho de la corona.

Las depresiones profundas se rellenaron con capas de diez centímetros de espesor, acomodando el material con pisones de mano o con un rodillo jalado por bestias o con un tractor agrícola. Lo anterior en temporada de secas.

Durante la temporada de lluvias, cuando el material estaba mojado, el procedimiento adecuado consistió en cortar las protuberancias y desperdiciar el material.

En tramos en balcón o en terreno firme, la extracción de una capa de material originó un favorable ensanchamiento de la corona. Cuando el problema se localizó en secciones "en cajón", fue necesario esperar el verano para sacar el lodo y poder rellenar con material adecuado.

El bombeo de la corona se logró utilizando el material que se extrajo cuando se formaron las cunetas y las contracunetas principalmente; cuidando que fuera de igual o mejor calidad que el de las terracerías, sin colocar capas de éstas de espesores mayores de diez centímetros.

Los materiales de baja calidad que se extrajeron al abatir taludes o al bajar el nivel de la superficie de rodamiento se desperdició y se colocó en sitios localizados aguas abajo. Por ningún motivo se utilizaron materiales con elementos orgánicos.

D) Materiales

Dependiendo de la región donde se encontraba localizada la brecha, las terracerías presentaron características favorables para ser utilizadas como superficie de rodamiento:

- En su estado natural.
- Mezcladas con otro u otros materiales.
- Modificando sus características con la adición de productos diversos.

E) Subdrenaje

Uno de los problemas más frecuentes del drenaje subterráneo es el humedecimiento por efecto del agua freática.

Para darle solución a este problema, se construyó una contracuneta a cada lado si la sección se encontraba en balcón, a fin de captar el agua para que saliera en el lugar más conveniente.

Las zanjas se rellenaron con piedra enhuacalada, en un espesor de 50 centímetros a un metro para evitar que se azolvara rápidamente.

Con este procedimiento la brecha quedó alojada en un pedraplén que facilitaba el escurrimiento del agua y rompía la ascensión capilar de la misma.

En el caso de escurrimientos longitudinales, una solución económica consistió en construir drenes ciegos en espiga, cuyo desplante se determinaba por sondeos que proporcionaban la profundidad de la humedad.

En el mejoramiento de algunas brechas se recurrió a la colocación de obras de subdrenaje, tales como subdrenes, drenes transversales de penetración, trincheras estabilizadoras o zanjas drenantes, entre otras.

F) Revestimiento de terracerías

A fin de que las terracerías no experimentaran un rápido deterioro, se protegieron con un revestimiento, aunque en algunos casos se estudió la posibilidad de utilizar el empedrado o embaldosado.

VI.3 **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CAMINOS RURALES CON EL USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA**

VI.3.1 **¿Qué se entiende por camino de mano de obra?**

El camino de mano de obra es aquél que se construye utilizando básicamente la mano de obra de las comunidades a las cuales sirve en su zona de influencia; es alimentador de la red troncal y es transitable durante toda época del año, y en el que el importe de las remuneraciones económicas para los jornaleros que participan en la ejecución de los trabajos representa un porcentaje mayoritario del total de la inversión.

Si la construcción de caminos en el medio rural no presentaba problemas de carácter técnico distintos a los de cualquiera otro tipo de carretera, ¿por qué se decidió su realización con el uso intensivo de mano de obra local?

Las razones que determinaron la aplicación de la tecnología con empleo preferencial de mano de obra fueron las siguientes:

a) Por las características geométricas de los caminos.

En el caso del mejoramiento de brechas, la rasante se tenía que plegar lo más posible al terreno natural, por lo que no se tenían movimientos de tierra que

hicieran necesario el empleo de equipo para efectuarlos. Sin embargo, en los caminos nuevos, donde los volúmenes de tierra por mover eran significativos, se utilizó equipo como tractores o motoconformadoras, como apoyo de la mano de obra.

b) Por las características de fabricación del equipo y la maquinaria.

Los tractores existentes en el mercado (por ejemplo los D7 y D8 y sus equivalentes de otras marcas) tienen dimensiones tales que harían necesario ampliar el ancho de la corona de este tipo de caminos para que pudieran trabajar de modo eficiente y efectuar maniobras con libertad.

c) Por el tránsito promedio diario.

El volumen de tránsito promedio diario en los caminos de mano de obra es inferior a los 100 vehículos, por lo que esta capacidad llevó a la aplicación de las características geométricas correspondientes a los caminos tipo "E" de la Secretaría de Obras Públicas, antecesora de la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

d) Por el costo de la conservación.

La teoría señala que el presupuesto de conservación que se asigna anualmente debe ser proporcional a la inversión de la construcción. Si los recursos destinados a la construcción eran escasos, con mayor razón los de mantenimiento.

e) Por los objetivos del programa.

Los objetivos del programa de caminos de mano de obra fueron los siguientes:

- Solucionar en un plazo razonable el problema de discriminación geográfica de las pequeñas comunidades asentadas en el medio rural.
- Proporcionar a los jornaleros una derrama económica adicional a la que habitualmente tenían por sus labores agropecuarias.
- Contribuir a la disminución del índice de desempleo y subempleo en el medio rural.
- Propiciar el desarrollo económico y social de las poblaciones comunicadas y beneficiadas dentro de la zona de influencia del camino.
- Utilizar la mano de obra y otros recursos locales.

f) Por antecedentes de otros programas.

Los caminos de especificaciones modestas considerados en el programa de caminos rurales de acceso, de Caminos de Mano de Obra y de Caminos Rurales en el periodo 1967-1971, se realizaron mediante contrato otorgado a empresas constructoras de carreteras, a las que, en razón del reducido costo de cada obra, se les encomendó la construcción de un grupo de caminos.

Este mecanismo tuvo el inconveniente de no permitir que los caminos se atacaran en forma simultánea, pues los contratistas iniciaban el siguiente una vez terminado el anterior.

VI.4 **PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS CON USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA**

VI.4.1 **Desmonte**

La construcción de las terracerías se iniciaba con el desmonte en la zona del derecho de vía, realizada en una franja de un metro afuera de los cerros y en las áreas de los bancos de materiales.

Cuando era necesario el despalme se efectuaba con palas y zapapicos, traspaleando el producto a la orilla del camino, cuidando que no se impidiera el funcionamiento eficiente del drenaje o se azolvaran las obras.

La variable más relevante en el desmonte depende del tipo de vegetación. Para el corte de maleza

se empleaban herramientas simples, como hachas, serruchos y machetes.

VI.4.2 **Despalme**

En caso de que se necesitara despalmar, la extracción del material, que por lo general se desperdiciaba, se hizo con palas y zapapicos, traspaleándolo a la orilla del camino. Cuando convenía, su acarreo se efectuaba en carretilla.

VI.4.3 **Cortes**

En los cortes o excavaciones a cielo abierto que formaban la sección del camino, se emplearon zapapicos para aflojar el material y pala para la carga y el paleo.

Ante la presencia de material semi duro y de mantos rocosos fue necesario usar explosivos para aflojar el material. Esta operación se efectuó a mano cuando la barrenación tenía un volumen reducido y se podía encontrar barreteros en la región.

De lo contrario, se utilizaron perforadoras manuales o compresoras. En la colocación de explosivos y la voladura siempre se empleó mano de obra especializada, a fin de obtener la fragmentación requerida de los materiales y disminuir al mínimo la ocurrencia de accidentes.

Una vez realizada la "tronada", se efectuaba la carga y se marreaban los fragmentos grandes.

Dependiendo el tipo de suelo se consideraba la clasificación siguiente:

A) Cortes en material "A", en cuya excavación se utilizaban zapapicos para aflojar el material y palas para la carga. El acarreo se realizaba en carretillas en función de la distancia.
B) Cortes en material "B", en cuya ejecución se usaban zapapicos. En ocasiones se recurrió al uso de explosivos.

VI.4.4 **Acarreo de materiales**

Cuando se requirió acarrear materiales, se utilizaron carretillas.

Cuando la distancia era corta, hasta 40 metros, el transporte de los materiales se hizo en carretilla. A distancias mayores se utilizaron camiones de volteo.

VI.4.5 **Terraplenes**

En términos generales, en terrenos planos se requerían terraplenes más altos que en lomeríos y montaña. La recomendación principal consistía en procurar que en la formación de los terraplenes se utilizaran los materiales producto de la excavación de los cortes.

Por lo general los terraplenes se formaban con los materiales provenientes de los cortes, de préstamos laterales si así lo indicaba el proyecto, o con los materiales producto de la excavación de las cunetas, o cuando fue el caso, con el de las contracunetas.

El material se colocaba entre las estacas que previamente se habían colocado a cada 20 metros y que

señalaban los hombros del camino. Cuando fue necesario se tendieron varias capas.

Se realizaba la afinación de las terracerías para facilitar que la capa de revestimiento pudiera tenderse con un espesor promedio. Por ello se daba a las terracerías el nivel requerido, sosteniendo las pendientes transversal y longitudinal con el auxilio del tendido de hilos.

Para proceder a la afinación de los terraplenes se tomaban como referencia las estacas centrales colocadas sobre el eje, y mediante hilos se determinaban las inclinaciones correspondientes al bombeo y a la sobre elevación, en su caso.

Con este procedimiento se distribuía con eficiencia el trabajo de una cuadrilla y se controlaba el encomendado a cada jornalero. El afinamiento se realizaba con pala y en ocasiones con el auxilio del zapapico.

Para completar los niveles o para sacar los sobrantes, los movimientos de materiales se acarreaban en carretilla. En muchos casos fue suficiente con palearlos a los lados del camino.

Por excepción se compactaron las terracerías. No obstante, cuando fue necesario se realizó por capas, procurando que los materiales tuvieran el mínimo de humedad requerido para lograr el grado de compactación esperado. En ocasiones, se utilizaron pisones de mano, lográndose el *apelmazamiento* de los materiales.

El afinamiento de las terracerías consideraba la formación de las cunetas, por lo que su construcción iba al parejo de aquellas.

VI.4.6 **Taludes**

La clasificación de los materiales determinaba la inclinación de los taludes y el afinamiento de los mismos se realizaba con zapapico y pala, retirando el material que a simple vista se observaba inestable.

Para la ejecución de los trabajos se proporcionaba a cada jornalero una "parada" de herramienta, compuesta por una pala y pico o zapapico.

VI.5 **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE OBRAS DE DRENAJE DE CAMINOS RURALES CON USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA**

En la construcción de obras de drenaje, el residente de caminos rurales seleccionaba el tipo con base en el análisis hidráulico y la comparación de costos

—cuando se presentaba más de una opción—, a fin de tener la certeza de que proporcionaría un buen servicio con la menor inversión.

El recorrido de la brecha existente o de la ruta seleccionada y la fotografía aérea, permitieron localizar los sitios en los que se ubicarían las obras de drenaje.

Cada obra tenía el área hidráulica necesaria para permitir el paso del caudal de agua previsible. En lo que respecta al drenaje transversal, se respetaba la pendiente natural del escurrimiento para no alterar sus condiciones.

Cualquiera que fuera el tipo de obra, se cuantificaban los volúmenes de los distintos materiales de construcción requeridos a fin de programar de manera eficiente su abastecimiento.

De esa manera se aseguraba la terminación de las obras.

Por otra parte, el calendario de trabajos era estricto para garantizar que las corrientes de agua provenientes de la lluvia fueran captadas de forma oportuna y eficiente.

Para el control efectivo de los trabajos y para obtener la calidad de obra requerida, fue necesaria la esmerada atención del residente de caminos rurales, el empleo de maestros albañiles y proporcionar a las cuadrillas las herramientas que necesitaban.

VI.5.1 **Cunetas**

Las cunetas a la orilla de la superficie de rodamiento en los cortes —al pie de los taludes— fueron obras de protección destinadas a drenar longitudinalmente los escurrimientos del talud y de la corona cuando la pendiente transversal era "hacia adentro".

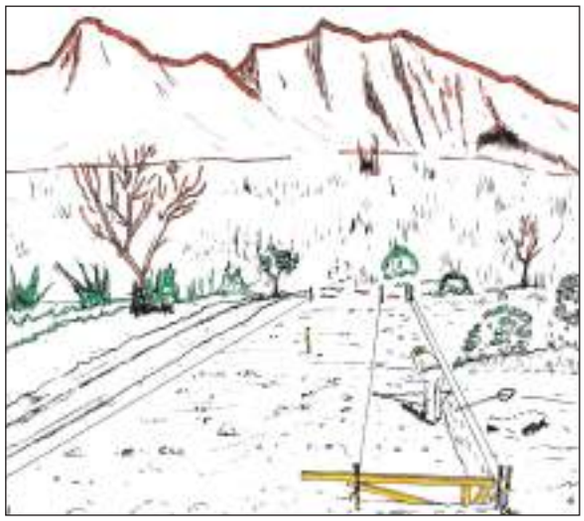
Cuando la pendiente transversal era "hacia fuera" se recomendaba no construir estas zanjas.

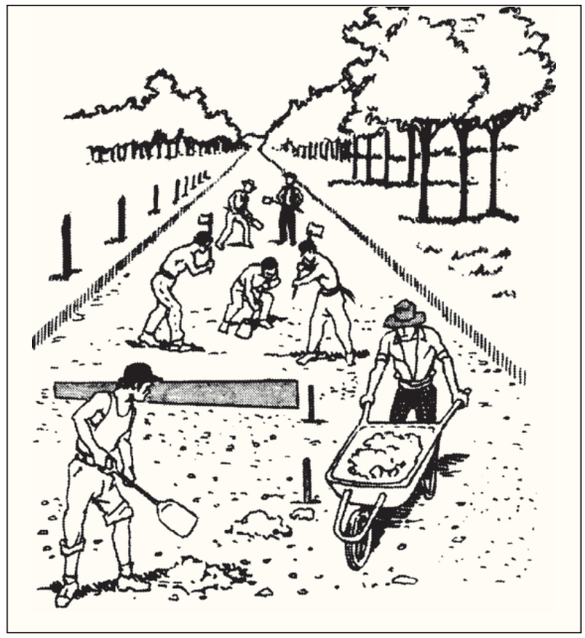
En terreno montañoso, cuando se presentaba la necesidad de ampliar una curva, ello significaba un metro de corte adicional, por ejemplo. Para evitar lo anterior, se proyectaba la cuneta tipo badén. Este tipo de cuneta es la que "está zampeada o empedrada, y forma parte de la calzada, con pendiente transversal igual a la del bombeo del camino en tangente o la correspondiente a la de la sobreelevación en curvas".

Así pues, el badén era profundo y tenía frecuentes salidas para el agua, construidas mediante rejas o coladeras a fin de no estorbar el paso de los vehículos.

A fin de que la obra de drenaje se construyera con la sección de proyecto y se pudiera efectuar un control eficiente de las tareas que se asignaban a los jornaleros, se recurrió a la fabricación de bastidores de varilla o de madera, con la forma triangular clásica. De esta manera, los cabos podrían verificar en forma práctica la sección de la cuneta construida. Además, para facilitar el trabajo de los jornaleros se construyeron tablones de madera para dar el bombeo adecuado a las terracerías.

Otro método práctico utilizado con el propósito descrito anteriormente, consistió en marcar en el mango de palas y zapapicos el ancho y la profundidad de las cunetas; o bien proporcionar a cada jornalero un "escantillón" o trozo de madera con la medida de la profundidad de la obra, para evitar que fueran excavadas a mayor o menor profundidad de la requerida.





Cuando las cunetas tenían pendientes fuertes —por ejemplo, mayores de 8%—, o si las características del suelo lo requerían, se protegían mediante un zampeado o empedrado.

VI.5.2 **Contracunetas**

La localización de estas obras debía ser la adecuada para captar totalmente los escurrimientos laminares, encauzándolos hacia vados, alcantarillas o puentes, a fin de que cruzaran a través de los mismos al otro lado del camino.

En su construcción se tuvo cuidado de no originar inestabilidad en los taludes, motivada por filtraciones. Para ello, las zanjas se impermeabilizaron o se construyeron bordos.

Para controlar las tareas asignadas a los jornaleros y verificar el procedimiento constructivo, se habilitaron bastidores de alambrón, varilla o madera, con la forma de la sección de la zanja.

A menos que la calidad estuviera certificada, no se utilizaba el material producto de la excavación de las contracunetas para la nivelación de la superficie de rodamiento.

En terreno montañoso se construyeron contracunetas aguas arriba de los cortes, a distancias convenientes de los ceros y en las longitudes que determinaba el residente de caminos rurales.

Tales zanjas se excavaron con zapapico y pala. Ante la presencia de material "C" o duro no fue recomendable su construcción, ya que los taludes y las cunetas resistían la erosión del agua que escurría por la ladera.

VI.5.3 **Obras complementarias**

Los lavaderos, los canales de salida de cunetas, el zampeado de las mismas y de los taludes, fueron necesarios en algunos caminos de mano de obra.

Sin embargo, no se construyeron "bordillos", ya que el ancho de la corona es angosto y su construcción hubiera significado un estrechamiento, con la consecuente disminución de la velocidad de operación y su rápido deterioro por el posible contacto con las llantas de los vehículos usuarios.

VI.5.4 **Construcción de alcantarillas**

Las obras de drenaje transversal de longitud menor a seis metros, que permitían el paso de uno a otro lado del camino, sin perjudicarlo, se proyectaron para soportar su peso propio, el del colchón y la carga viva de un camión de dos ejes, así como el empuje de tierras.

El criterio de utilizar lo más posible, los materiales más abundantes en la región donde se ubicara el camino no fue posible cumplirla cuando había carencia de materiales de construcción locales, como arena, grava o agua, o cuando era urgente la realización de las obras, siempre y cuando lo autorizaran las unidades normativa o ejecutora.

A) Alcantarillas metálicas

Ante esa situación, se recurrió a la adquisición y colocación de alcantarillas metálicas de acero corrugado, anidables o encajables.

Para 1985 se tenían registrados 95 000 kilómetros de mejoramiento de brechas y de construcción de caminos de mano de obra y rurales. El ingeniero Humberto Flores Balboa, residente general de caminos rurales del Centro SCT Tamaulipas, estimó en 57 000 metros o 570 kilómetros la longitud de tubería de lámina que hasta esa fecha se había utilizado, considerando las estadísticas de los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas. Los parámetros fueron los siguientes:

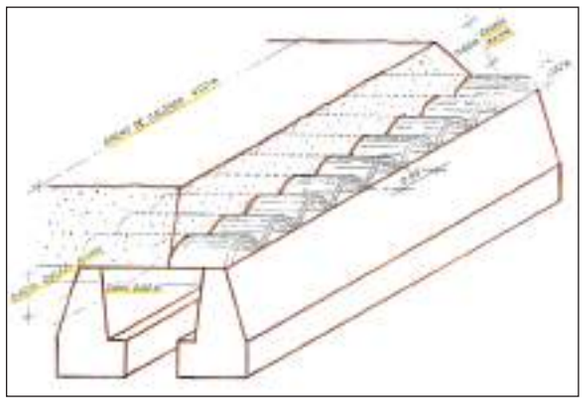
- Utilización de este elemento en la tercera parte de la longitud.
- Tres obras por kilómetro.
- Longitud promedio de 6.0 m

B) Alcantarillas con tubería de concreto

A fin de contrarrestar el uso de tubería metálica y con el fin de optimar los recursos financieros disponibles, se dio preferencia a la adquisición y colocación de tubería de concreto con refuerzo, con la encomienda de que los requisitos de dimensiones, resistencia a la ruptura y absorción, así como las respectivas tolerancias y requerimientos de diseño se cumplieran a satisfacción.

Este tipo de tubería presentaba ciertas ventajas, tres en particular: facilidad en su transportación y colocación y el incremento en la vida útil —más de 25 años si se protegía el exterior de la tubería con asfalto.

Así mismo, se estableció que se rechazaría la tubería que presentara los siguientes defectos:



1. Fracturas o grietas que atravesaran la pared del tubo, con excepción de una grieta aislada en los extremos, que no excediera la longitud de la junta.
2. Mal proporcionamiento, mezclado o moldeo.
3. Superficies con acabado de panal de abeja ("garapiñado") o de textura abierta.
4. Extremos defectuosos que impidieran el junteo correcto.

El costo del transporte de este tipo de tubería resultó superior respecto del de la tubería metálica, debido a que se pagaba por volumen y no por peso, y porque eran fuertes las mermas en la estiba y colocación.

Las desventajas mencionadas se contrarrestaron con la adquisición del tubo de concreto en fábrica o con la construcción en el lugar mediante el uso de moldes metálicos.

De esa manera, el propio ingeniero Flores Balboa estimó en 23 094 metros o 23 kilómetros la longitud de tubería de concreto colocada hasta 1985, con las siguientes consideraciones:

- Utilización de este elemento en 1/60 parte de la longitud.
- Tres obras por kilómetro.
- Longitud promedio de 6 metros.

C) Alcantarillas con bóveda de ferrocemento

Las bóvedas de ferrocemento fabricadas y colocadas en caminos rurales del Estado de México, con alambrón y malla de gallinero reforzada con varillas de ¾" de diámetro, que se colocaron en forma perimetral para absorber los esfuerzos de tensión, y que estaban fundidas con mortero cemento arena en proporción 1:4, tenían una resistencia de 39 kg/cm^2.

Estas bóvedas se construyeron a base de paneles abovedados para sustituir la losa maciza.

Dimensiones de las bóvedas de ferrocemento:	
Longitud total =	2.00 m
Ancho total =	0.55 m
Altura total =	0.30 m

Para que la carga sobre la bóveda resultara repartida de manera uniforme, se consideró un colchón mínimo de 60 centímetros.

D) Alcantarillas de madera

En el sureste del país se utilizó en forma práctica la construcción de obras de drenaje con uno de los materiales más abundantes en la región: la madera.

En otras entidades federativas del país, como Durango, también se tiene ese insumo como una posibilidad para resolver la construcción de alcantarillas.

Para ello, el ingeniero Armando Sención Guzmán, residente general de caminos rurales del Centro SCT Durango, efectuó en 1985 el diseño estructural de una losa de 90 centímetros de claro por 1.5 metros de altura, con las siguientes características:

- Columna de 5 x 5 pulgadas, cuya carga axial permisible de 17 750 libras resultaba mayor que la solicitada, por lo que, era aceptable.
- Vigas con dimensiones de diseño de 3.5 pulgadas por 6 pulgadas por 3.0 pies.
- Tablones para formar el piso que tenían 2.5 pulgadas de espesor por 12 pulgadas de ancho horizontal y 3.0 pies de longitud.

E) Construcción de vados

Debido a la gran cantidad de ríos y arroyos con régimen torrencial, que permanecen prácticamente sin agua o con una lámina insignificante durante gran parte del año, una de las obras más utilizadas fue el vado, el cual, además de reducir el tiempo de interrupción que ocasionan las crecientes, permite el paso de los vehículos cuando el espesor de la lámina de agua es de hasta 30 centímetros.

El proyecto de vados incluía delantales o lavaderos así como dentellones a la entrada y/o salida, para evitar la socavación de la estructura.

VI.6 PROCEDIMIENTO PARA EL REVESTIMIENTO DE CAMINOS RURALES CON USO INTENSIVO DE MANO DE OBRA

Por lo que se refiere al revestimiento de las terracerías, en forma excepcional algunos tramos reunían características favorables para ser utilizadas como superficie de rodamiento. Cuando esto fue así, se les protegía mediante una capa de materiales seleccionados, lo cual implicaba la localización previa de bancos.

Para la elección de un banco se tomaba en cuenta la facilidad de explotación y la certeza de obtener materiales de la calidad apropiada para los fines que se requerían. Se cuidaba que no hubiera exceso de sobretamaños, que su granulometría fuera uniforme y se desechaban los que francamente fueran arcillosos.

Los laboratorios de campo certificaban la calidad de los materiales.

La extracción se efectuaba en forma semejante a la excavación en cortes, con la recomendación de que no se formaran cuevas, dado el peligro de que se originaran derrumbes.

Por el contrario, se recurría a la formación de escalones con talud suficiente para asegurar su estabilidad. Si el tipo de material lo permitía, se aflojaba con pico y pala.

Si la carga de los materiales se efectuaba con mano de obra, llevaba implícita la posibilidad de que se presentara un desfasamiento indeseable entre la construcción de terracerías y su protección. No obstante, se organizaron adecuadamente las cuadrillas para asignarles sus tareas, de forma que cuando las terminaban, entraba otro grupo para acelerar el trabajo y evitar que los vehículos transportistas tuvieran tiempos inactivos grandes.

Los acarreos se efectuaban en camiones de volteo, instruyendo a los cabos para que se colocaran piedras o estacas con el espaciamiento donde debían hacerse las descargas. Esta práctica garantizó el espesor uniforme de la capa de revestimiento.

Para que las mermas fueran aceptables se vigilaba que los camiones se cargaran a toda su capacidad.

La capa de materiales de revestimiento tenía un espesor mínimo promedio de 15 centímetros flojos y máximo de 20 centímetros, en los 4 metros de ancho de la corona, disminuyendo ligeramente el espesor en las orillas del camino para evitar que se desbordara sobre las cunetas.

El tendido del material de revestimiento se ejecutaba invariablemente a mano.

El material se repartía con palas y se esparcía mediante rastrillos habilitados para ese fin.

VI.7 **CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS Y REVESTIMIENTO DE CAMINOS RURALES SIN COMPACTAR**

Por razones de tipo técnico, económico y práctico, los caminos de mano de obra se construyeron hasta la etapa de revestimiento sin compactar. En lo que se refiere al aspecto técnico, debe anotarse que la compactación de terracerías y superficie de rodamiento con equipo mejoraría su calidad, pero para ello se requeriría que el proyecto considerara los espesores adecuados de los materiales, a fin de que la compactación fuera eficaz.

En lo que se refiere a las razones de tipo económico, debe destacarse que el costo de la compactación con equipo elevaría en un 25% por ciento el costo de la construcción, mientras que el costo de la compactación con uso intensivo de mano de obra elevaría en 75% el de construcción.

En los costos indirectos se tendría que agregar la transportación del equipo hasta el lugar de los trabajos.

Por último, en lo que se refiere a la razón fundamental de tipo práctico fue que la utilización de equipo de compactación (plancha, compactador neumático, rodillo, motoconformadora y pipa) representaría, en algunos subtramos, operaciones difíciles y tardadas, ya que el ancho de la corona es de cuatro metros.

Bibliografía

Disposiciones generales sobre la construcción de caminos rurales. México, SOP, 1969.

Industrias Monterrey, S. A. Alcantarillas de Acero Corrugado Formet, *Manual de diseño e instalación*. Monterrey, N. L., 1982.

Instructivo para la construcción de los caminos rurales. México, SAHOP, 1977.

Instructivo técnico para la conservación y reconstrucción de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra. México, SCT, Programa de empleo temporal, 2007.

Libro 3 *Normas para contrucción e instalaciones. Parte 3.05. Caminos Rurales. Títulos 3.05.01 Terracerías, 3.05.02. Obras de drenaje y 3.05.03 Revestimientos*. México, SCT, 1985.

Presidencia de la República, Fondo de Emergencia Social. Programa para el Desarrollo Humano, *Manual para la ejecución de proyectos de infraestructura vial rural en la República de Panamá*. Panamá, 1994.

Salas Rico, Raúl, "Recomendaciones generales para la construcción de caminos de mano de obra". México, 1975.

Yagué Feizal, Ramón, Residente General de Caminos Rurales en el Centro SCT Colima, "Caminos rurales de penetración agrícola en zonas bajas y húmedas". Colima, Col., 1986.

Zambrano Ramos, Horacio, "Procedimientos Constructivos Rurales", ponencia presentada durante la Reunion Internacional Sobre Planeación, Construcción y Conservación de Caminos Rurales. Oaxaca, Oax., 1979.

CAPÍTULO VII. ***Obras de piedra***

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO VII. ***Obras de piedra***

La piedra ha sido uno de los elementos naturales más utilizados para la construcción de obras en todo el mundo. En nuestro país, el uso de la piedra en alcantarillas y puentes llegó a su perfección cuando las obras resultantes se denominaron como "obras de arte", dada la maestría con la que se proyectaron y construyeron. Tanto para el mejoramiento de brechas como para la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra se consideró como superficie de rodamiento una capa de material de revestimiento. El problema que se presentaba a menudo consistía en las grandes distancias en las que localizaban los bancos de material para ese revestimiento, y la escasa calidad de los mismos. Así, en zonas donde existía piedra en abundancia y personal acostumbrado a su empleo, fue lógico que los técnicos responsables de las obras propusieran que se empedrara la superficie de rodamiento. Las autoridades dieron su aval al procedimiento. El capítulo incluye generalidades sobre la piedra y los bancos de materiales. Describe el procedimiento constructivo de alcantarillas y puentes con ese elemento, incluyendo ejemplos de su uso.

VII.1 **GENERALIDADES**

Entre los materiales inorgánicos que son utilizados para la construcción de obras de piedra, dos tipos de roca son de origen volcánico: las rocas extrusivas, como la piedra braza y los tezontles, y las rocas intrusivas, como los granitos. Cuando las rocas extrusivas son acarreadas por la erosión a los cauces de los ríos, sus aristas cortantes se suavizan hasta redondearse, y producir el "canto rodado" o "piedra bola".

El otro tipo de piedra es originado por la prolongada sedimentación de las capas del suelo, tales como las rocas calizas.

A lo largo y en derredor de la cordillera neovolcánica, desde Nayarit hasta Veracruz, se encuentran rocas muy porosas, denominadas pumicitas y tezontles. En la Sierra Madre Occidental, esto es, de Guerrero a Chihuahua, afloran principalmente los basaltos y las rocas más compactas, como la piedra brasa y la piedra chiluca.

Las rocas de tezontle, las pumicitas y las puzolanas se gastan o fragmentan, convirtiéndose en guijarros, grava, confitillo y finalmente, en arena.

En otras regiones del país abundan las rocas volcánicas que permanecieron en el interior de la corteza durante cientos de años, sujetas a enormes

presiones, hasta que los movimientos tectónicos las sacaron a flor de tierra. Se trata de los "granitos" que se localizan principalmente en el litoral del Pacífico.

Las rocas sedimentarias más numerosas son las calizas, localizadas en la vertiente del Golfo, desde Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas hasta Quintana Roo.

Las piedras denominadas "naturales" son fragmentos de roca usados en esa condición.

Denominación de la piedra	
Ígneas intrusivas (grano grueso)	Granito
Ígneas extrusivas (grano fino)	Riolita, andesita, basalto, toba, brecha volcánica
Sedimentarias	Calizas, travertino, arenisca, brecha, conglomerado
Metamórficas	Gneiss

El criterio para que la piedra fuera utilizada en la construcción de obras de drenaje, consistía en que debían ser sanas y resistentes, y que pudieran ser "labradas". Desde luego, cumplían con las normas establecidas en cuanto a dimensiones, proporcionamiento de mortero, granulometría y pruebas de calidad.

La obra de piedra que requiere para su formateado de martillo, cinceles o "pica" para el tallado es conocida como "piedra labrada".

El muestreo de las piedras naturales y la determinación de sus propiedades de resistencia a la compresión, absorción, densidad aparente y resistencia al intemperismo se efectuaban de acuerdo a lo señalado en la normativa en vigor de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Por su tamaño, y tomando en cuenta la función de la obra en que sería utilizada, la piedra se clasificó en forma práctica de la siguiente manera:

Tipo de obra	Tamaño de la piedra (por ciento)		
	Chica	Mediana	Grande
Mampostería en obras de drenaje	10	30	60
Zampeado de cunetas	30	70	—
Muros de mampostería	10	20	70
Muros secos (gaviones)	20	30	50
Vados de mampostería	20	30	50

Cualquier tipo de piedra usada en la construcción de obras puede ser clasificada como "piedra para construcción". No obstante, en orden de importancia, las piedras más usuales son: la caliza, el granito, la arenisca, el basalto y el mármol.

El granito y la piedra caliza figuran entre los más antiguos materiales de construcción y son extremadamente durables.

Por el contrario, algunas areniscas no resisten los efectos de la intemperie y se desconchan, con penetración de humedad y escarcha.

El granito resiste grandes presiones y se usa para amarres de cimientos y en columnas de construcciones urbanas y apoyos de puentes.

Las piedras calizas y las areniscas se usan comúnmente para cimientos.

El mármol tiene baja resistencia al aplastamiento y, por lo general se usa con motivos decorativos.

Materiales	Origen
Piedra, arena y agua	De bancos (depósitos en arroyos y ríos y lugares conocidos como "malpaís")
Piedra	De cortes y canales o excavaciones para estructuras (empacadas con otros materiales)
Piedra	De pepena (de sitios fijados o aprobados por la dependencia normativa)

La piedra, adquirida por metro cúbico, se transportaba a la obra en camiones, teniendo en cuenta que no se acomodaba en la caja de la unidad, sino que se acarreaba tal como se cargaba en el banco.

Al colocarse, el rendimiento real de la piedra equivalía a dos terceras partes de la capacidad del camión, es decir que si se adquirían seis metros cúbicos de piedra, sólo rendían cuatro metros cúbicos de construcción.

VII.1.1 **Herramientas para el labrado de las piedras**

En numerosas regiones del país, los habitantes de las comunidades rurales poseen herramientas para trabajar la piedra.

En ocasiones, se trata de instrumentos *hechizos* o forjados con sus fraguas, las cuales le dan el peso y el corte adecuado por un extremo —especie de marro— y la otra punta la dejan como "hoja". Forma y peso que están en función de la dureza de la piedra existente en la región.

No siempre fue necesario hacer el "labrado de la piedra" utilizada en caminos rurales, ya que por lo general se escogía como cara la que marcaba la cuadrícula de la barrenación.

Herramientas para empedrar	
Herramienta	Actividad
Pico y pala	Afloje y acomodo de la superficie.
Carretilla	Acercar materiales hasta el lugar donde se encuentra el empedrador.
Pica	Preparar la tierra donde se sentará la piedra —con el extremo en forma de pico— y golpear la piedra hasta dejarla en el nivel requerido —con el extremo en forma de marro.
Pisón	Compactación de la superficie una vez emboquillado el empedrado.

VII.2 **BANCOS DE MATERIALES**

VII.2.1 **Localización**

En la construcción de obras de drenaje de caminos rurales fue y sigue siendo necesaria la localización previa de bancos de material.

Los métodos para la localización de bancos se basaban en la observación directa y en la realización de sondeos en las zonas donde no afloraba el material.

En el primer procedimiento, se recorría la zona donde se iba a construir la obra y mediante observaciones superficiales se recogían muestras para estudiar sus cualidades en el laboratorio. También podía recurrirse a la pregunta directa a los vecinos del lugar, acerca de la presencia de bancos o lugares

- Facilidad de acceso y de explotación mediante procedimientos normales y económicos.
- Los bancos ubicados dentro de la zona de influencia beneficiada con la construcción de la obra tenían prioridad sobre otros localizados a grandes distancias.
- Que los materiales requirieran, en su caso, un mínimo de tratamiento.
- Que la ubicación estuviera exenta de problemas con los propietarios de los terrenos.

explotados anteriormente, o de sitios donde afloraban los materiales.

Otra opción era esperar el ataque de una parte de la obra y observar si el producto de las excavaciones incluía la piedra.

Desde luego, se utilizaron los reconocimientos terrestres auxiliados por cartas geológicas, cuando se deseaba explorar grandes áreas a bajo costo.

Cualquiera que haya sido el procedimiento para la localización de bancos, se muestreaban y enviaban al laboratorio para los ensayes correspondientes.

VII.2.2 **Cuantificación de los volúmenes de bancos**

Mediante el método del promedio de las áreas extremas y sondeos a cielo abierto se cuantificaban los volúmenes de los bancos, cuyo inventario incluía la clasificación petrográfica, el uso y los volúmenes probables, la dureza y el tratamiento que requerían los materiales, en el formato diseñado para ese fin.

Cuantificadas las cantidades a emplear, se estudiaba la factibilidad de extraer el material de un solo lugar o de varios, según la posibilidad, con base en lo siguiente:

- Calidad de los materiales por extraer y el tipo de obra en que se pretendía utilizarlos.

VII.2.3 **Extracción de piedra de banco**

Para la explotación de bancos se tenían dos alternativas. Por un lado, con mano de obra local, aplicando el procedimiento tradicional apoyado con explosivos. Este proceso se llevaba a cabo una vez efectuado el desmonte y el despalme. Entonces se abría un frente al cual se tenía acceso para la carga de la piedra. El ataque se hacía por parejas de jornaleros, en función del volumen requerido.

La otra alternativa era usar equipo de barrenación, compuesto por un compresor de dos o tres pistolas o *track-drill* o un compresor portátil de 175 pies cúbicos por minuto, con dos pistolas, con rendimiento estimado de ocho metros por hora.

La separación de los barrenos estaba en función del tamaño de la piedra requerida y de la cantidad de explosivos utilizada, para que los desperdicios no fueran mayores del 10%.

La piedra extraída de banco se clasificaba en "piedra bruta" y "piedra dimensionada".

Las piedras brutas son las piezas de irregular tamaño más fácilmente extraídas, y se utilizaban para sillares de 30 centímetros o menos de altura, y de 60 centímetros de largo, aproximadamente.

La piedra de escuadra de 61 centímetros por lado, en promedio, y de un espesor determinado, se denominaba "piedra dimensionada".

El manejo, la carga, el transporte, la descarga, el uso y el almacenamiento de explosivos y artificios necesarios para la explotación de bancos de piedra se hacía observando estrictamente la normativa en vigor.

Además, los trabajos donde se usaban explosivos eran encomendados a mano de obra especializada.

Debido al *enhuacalamiento*, se necesitaba 1.3 metros cúbicos, medidos en banco, incluido un desperdicio menor de 10%, para construir 1.0 metros cúbicos de mampostería o zampeado.

En virtud de que los tamaños de la piedra son muy variables, en los cabezotes de alcantarillas de tubo se necesita 1.4 metros cúbicos de piedra por 1.0 metros cúbicos de mampostería.

VII.2.4 **Recolección de piedra de pepena**

La pepena o recolección se efectuó en aquellas zonas donde la piedra afloraba en depósitos naturales de gravas arenas, en ríos o arroyos, conglomerados y rocas disgregadas (glaciares e intemperismo), entre otros sitios.

Este procedimiento era recomendado cuando se trataba de obras pequeñas, dado que la piedra se localizaba en áreas extensas y en lugares de difícil acceso; por lo que fue necesario abrir brechas para permitir el paso de los camiones que la transportaban. Además, si la zona de recolección era extensa, se empleaba un mayor número de jornaleros para el apile de piedras.

Se requieren 1.4 metros cúbicos de piedra de pepena medida suelta en el camión transportador para 1.0 metros cúbicos de zampeado.

VII.2.5 **Piedra de desperdicio**

El producto de la explotación de bancos puede producir el desperdicio de tamaños no aprovechables, por lo que la piedra por utilizar dependía de la experiencia y destreza del poblador.

La distancia de acarreo fue variable. Por economía, se recomendaba que no rebasara los diez kilómetros.

Para el uso de la piedra se efectuaban acarreos locales de los apiles de piedra al lugar de colocación, razón por la que la descarga de los camiones transportadores se hacía en distancias no mayores de 20 metros. Estos acarreos locales se efectuaban con carretillas en distancias cortas o en remolques tirados por bestias en distancias de dos kilómetros en promedio.

VII.3 **PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS CON EL USO DE PIEDRA**

Los tipos más comunes de obras de piedra construidos en caminos rurales fueron las mamposterías y los zampeados, así como el empedrado de superficies de rodamiento.

Fue necesario tener en cuenta las siguientes definiciones.

Concepto	Definición
Mampostería en hiladas	Muro construido en hiladas.
Sillares en hiladas	Todas las piedras se aparejan formando hiladas de una misma altura.
Quebrada de sillares	Las piedras empleadas son de distintas alturas.
Mampostería	Elemento estructural construido a base de piedra junteada con mortero de cemento o cal o sin juntear.
Zampeado	Recubrimiento de superficies con mampostería, concreto hidráulico o suelo-cemento.

VII.3.1 **Aspectos relevantes del procedimiento de construcción de mampostería**

Las mamposterías se construyeron colocando en el desplante las piedras de dimensiones mayores.

Las piedras se labraban dándoles la forma adecuada en función del desplante, seleccionando para las esquinas y extremos de los muros las de mejor forma. Cada piedra se labró de manera que se llenara el espacio entre dos piedras contiguas.

Las mejores caras de las piedras se aprovechaban para los paramentos, "rostreándolas" ligeramente en caso necesario.

Antes de asentar una piedra, ésta se humedecía, lo mismo que a los desplantes, las plantillas y las piedras sobre las que se colocaba el mortero.

Las piedras se "junteaban" con mortero de cemento o cal, llenando completamente los espacios entre piedras contiguas, de tal forma que las juntas no excedieron los cuatro centímetros ni fueron menores de dos centímetros de espesor. Los vacíos resultantes se llenaban totalmente con mortero y piedra chica.

Antes de que endureciera el mortero, se vaciaban las juntas de los paramentos visibles hasta una profundidad de cuatro centímetros, para "entallarlas" posteriormente.

Las piedras se asentaban teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas.

Cuando una piedra se aflojaba, quedaba mal asentada o provocaba la apertura de una de las juntas, se retiraba. Para hacerlo se procedía a quitar el mortero del lecho y de las juntas, asentando con mortero nuevo y humedeciendo el sitio de asiento.

Al asentar las piedras se recomendaba que las caras de mayores dimensiones quedaran normales a la

Cuando las piedras muestran sobre el paramento exterior del muro una forma escuadrada se conocen como "sillares". Los sillares deben ser escuadrados en banco con cinceles y con la junta de hilada o lechos de cantera y los planos de junta entre hiladas, tallados a escuadra con la cara del paramento.

Las mamposterías se construyeron con piedra toscamente labrada o rostreada y junteada con motero de cemento y con piedra sin labrar debidamente acomodada, a fin de dejar el menor número de vacíos, sin empleo de mortero.

Los zampeados se construyeron con las dimensiones y características que fijaba el proyecto o que ordenaba la dependencia normativa, y vale anotar que la superficie por zampear, debidamente terminada y afinada, se compactaba.

dirección de la resultante de las fuerzas, a fin de asegurar el "cuatrapeo" de unas con otras para obtener el mejor amarre posible.

En los paramentos visibles no se admitieron salientes mayores de dos centímetros en relación con el plano teórico.

VII.3.2 **Aspectos relevantes del procedimiento de construcción de mampostería seca**

Se construyeron colocando en el desplante las piedras de mayores dimensiones, seleccionándolas de manera que presentaran caras planas y, en lo posible, de forma prismática, a fin de proporcionar un buen asiento, escogiendo para las esquinas y los extremos de muros las que mejor se adaptaran a esos lugares.

Las caras menos irregulares de las piedras se aprovecharon para los paramentos.

Cada piedra se apoyó sólidamente cuando menos en tres puntos de su sitio de asiento, acuñándolas con lajas para afirmar los apoyos de unas con otras, procurando dejar la menor cantidad posible de vacíos.

Los espacios en las juntas interiores no fueron mayores de diez centímetros y en los paramentos visibles fueron menores de cinco centímetros.

Las piedras se cuatrapearon para obtener el mejor amarre posible.

VII.3.3 **Aspectos relevantes del procedimiento de construcción de zampeados de mampostería**

En los zampeados de mampostería se utilizó mortero de cemento de uno a cinco (1:5).

Antes de asentar una piedra, se humedeció, lo mismo que la superficie de apoyo y las piedras contiguas.

Las piedras se colocaron cuatrapeadas, sobre una capa de mortero, acomodándolas de manera que se llenara, lo mejor posible, el espacio formado por las piedras contiguas; colmando las juntas por completo con mortero de cemento.

Antes de que el mortero endureciera se entallaron a ras del paramento.

Si una piedra se aflojaba, quedaba mal asentada o se abría una de las juntas, se retiraba así como el mortero del lecho y el de las juntas, y se procedía a utilizar mortero nuevo y a humedecer el sitio de asiento otra vez.

El zampeado en taludes se iniciaba en el pie del mismo, con las piedras de mayores dimensiones.

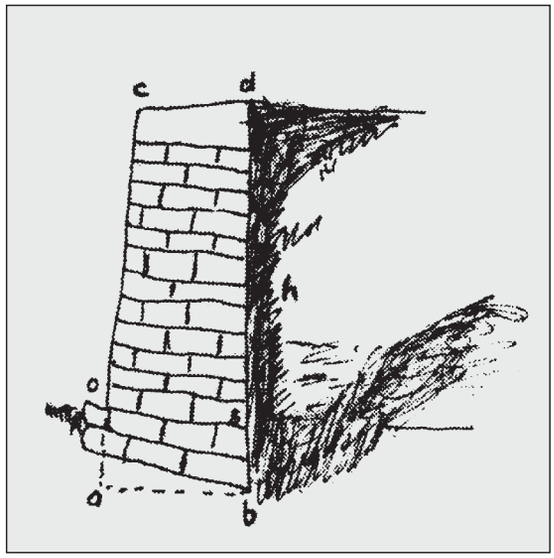
La superficie del zampeado de mampostería se mantenía húmeda durante tres días después de terminadas las juntas.

VII.3.4 **Aspectos relevantes del procedimiento de construcción de zampeados de mampostería seca**

Las piedras se colocaban de manera que estuvieran en contacto unas con otras, cuatrapeadas y descansando completamente en la superficie por zampear.

Una vez terminada la colocación de las piedras, se rellenaban todas las juntas con tierra arcillo-arenosa, retacándolas con lajas.

El relleno de las juntas en taludes se hizo comenzando por el pie de los mismos.



VII.3.5 **Aspectos relevantes del uso de mampostería en obras de drenaje de caminos rurales**

Las piedras utilizadas fueron "a tizón", distribuidas de manera regular y conveniente, a fin de lograr una mejor trabazón. Las áreas expuestas de estas piedras constituyeron como mínimo la quinta parte del área del paramento.

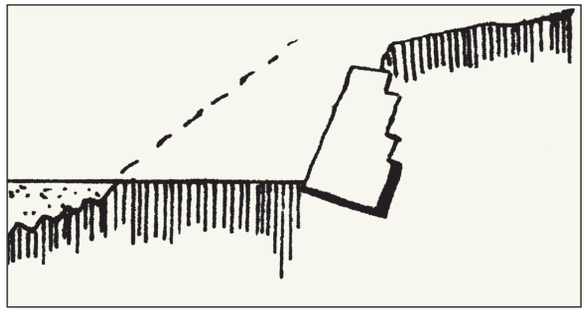
El "junteo" del paramento se hizo empleando mortero, rellenando y entallando la junta vaciada al ras de la cara de la piedra.

El "coronamiento" o enrase de la mampostería, expuesto a la intemperie, se cubrió con un "chapeo" de mortero de cemento en proporción de uno a cuatro (1:4), con espesor mínimo de tres centímetros y pendiente transversal no menor de 2%. Una vez terminado, se "curaba" durante tres días.

VII.3.6 **Aspectos relevantes de la construcción de muros**

En caminos rurales se construyeron tres tipos de muros: de sostenimiento, de contención y de revestimiento.

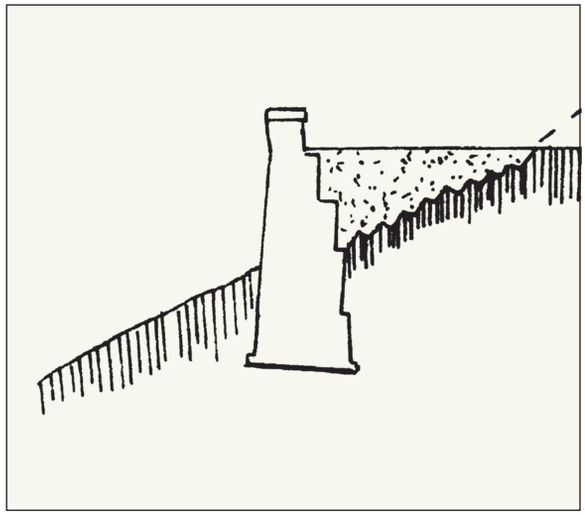
Muro de sostenimiento. Estaba destinado a soportar la presión de tierra, arena u otro tipo de relleno que se depositara detrás del mismo, después de construido.



En lo que respecta a los rellenos, al utilizar una mezcla de arena o de tierra con una fuerte proporción de guijarros redondos grandes o de piedras usadas para empedrados, se ejercía una presión mayor contra el muro, por lo cual el espesor del muro se aumentó de un octavo a un sexto.

La experiencia demostró que el muro resultaba más fuerte cuando todas las hiladas de mampostería se colocaban con una inclinación hacia adentro. Esta inclinación tenía el objeto de colocar las juntas lo más próximas en ángulo recto, a la dirección de la presión del relleno.

El paramento interior del muro se dejaba áspero, a fin de aumentar la fricción de la tierra contra el mismo. De este modo, la resultante de las fuerzas que actuaban detrás del muro se acercaba más a la vertical y caía más hacia adentro en la base, aumentando la estabilidad.



En ocasiones, el paramento interior vertical se convirtió en uno con escalones, para presentar mayor resistencia al volteamiento, sin necesidad de utilizar una mayor cantidad de material.

Los maestros mamposteros recomendaban que cuando se tuviera la sospecha de inseguridad de un muro nuevo, se reforzara mediante la colocación de fuertes puntales contra él, a un tercio o a la mitad, más o menos, de su altura sobre el terreno.

Así mismo, señalaban como opción la construcción de contrafuertes o estribos permanentes, pero éstos debían empotrarse en el muro.

El muro de paramento inclinado ofrece, en la realidad, mayor seguridad que el vertical.

Uno de los objetivos de los muros de sostenimiento es la durabilidad, por lo que fue recomendable el uso de morteros con mezcla de cemento. No obstante, una gran inclinación del muro propiciaba la destrucción del mortero utilizado, debido a la acción de la precipitación pluvial.

Muro de revestimiento. Se erige con el fin de evitar la caída de los suelos que permanecen inmóviles en su posición natural, a los cuales se les ha excavado una cara vertical o inclinada. En este caso la tierra está consolidada y no ejerce ninguna o muy poca presión lateral, por lo que, el muro de revestimiento puede ser más esbelto que el de sostenimiento.

Muro de contención. Sirve para resistir la presión de tierra, arena u otro material de relleno, que se deposita detrás de él después de su construcción. La diferencia de este muro con respecto al de revestimiento, de estructura análoga, consiste en que sirve para evitar la caída de tierras que permanecen en su lugar, pero que se ha excavado, dejando un paramento vertical o inclinado.

VII.4 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS Y PUENTES DE ARCO

Un "arco" es un conjunto de bloques de piedra colocados según una curva, que resisten las cargas por el equilibrio de empujes y contraempujes.

Los bloques que sirven de soporte común a dos arcos sucesivos se denominan "pilares" o "pilas", y los dos extremos, que en el caso de puentes de piedra soportan también en uno de sus paramentos al terraplén, se llaman estribos.

Los arcos soportan, además de su peso, cargas permanentes o sobrecargas. El arco ejerce sobre sus apoyos un empuje hacia el exterior y una presión vertical. Cuando los estribos en que se apoya no tienen las dimensiones y la resistencia adecuadas se deben extremar las precauciones en ese empuje.

La forma del arco la determina el espacio disponible y el estilo que impone el diseñador. El problema

que se presentó en ocasiones fue el de determinar si el arco con cierta forma y dimensiones sería estable y seguro para la carga que iba a soportar.

Los arcos semicirculares o de medio punto y los de segmentos, con sus variedades rebajados y peraltados, resultaron eficaces desde el punto de vista de la estabilidad, y fueron más fáciles de construir.

Los arcos elípticos y de tres centros o vórtices no fueron tan resistentes como los circulares, por lo que sólo se construyeron donde se les podía dar la resistencia necesaria.

La resistencia de un arco depende, en gran medida, de la calidad de los materiales utilizados y del esmero con que se haga su construcción.

En los arcos con piedra se puso especial atención en el corte y colocación de las dovelas, haciendo las juntas de sus lechos de cantera —delgadas y ajustadas— para que el arco sufriera los menores esfuerzos posibles cuando se asentaba.

Para el proyecto de un arco primero se elegía la forma, lo cual no era tarea difícil porque la variedad era restringida. Para estribos de grandes dimensiones, el arco rebajado era el más resistente. Cuando había que limitar las dimensiones de los estribos, se seleccionaba el arco de medio punto, semicircular, o el peraltado.

VII.4.1 **Aspectos relevantes de los elementos de un arco**

Los términos "intradós" y "trasdós" o "extradós" se aplican a las superficies totales, interior y exterior de la bóveda.

Las extremidades del arco o las áreas visibles comprendidas entre el intradós y el trasdós son sus "caras".

La recta que une los bordes inferiores de los arranques se denomina "línea de arranque".

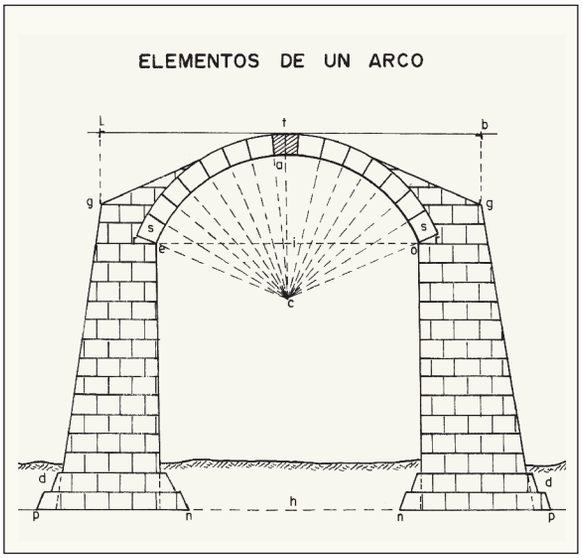
Las dos partes laterales del arco se llaman "costados" y sus continuaciones verticales en el muro se denominan "jambas" o "pies rectos".

Elementos de un arco	
(EO)	Luz del arco.
(AI)	Flecha o altura.
(T)	Cumbre
(EAO)	Intradós: Límite inferior proyectado en (EAO).
(RTR)	Trasdós o extradós: límite superior o exterior proyectado en (RTR).
(RE) o (RO)	Arranques: superficies inclinadas o juntas, sobre las que descansan las extremidades del arco y de las que arranca el arco.
(TA)	Clave del arco: dovela del centro.
(SS)	Almohadones o impostas: dovelas de apoyo de los arranques en arcos de segmento o rebajados (donde el intradós no es una semicircunferencia completa).
(TR)	Riñones del arco.
(TRL) y (TRB)	Enjutas: espacios encima de los riñones del arco.

El material depositado en las enjutas se conoce como "relleno de las enjutas" y se compone de tierra o mampostería o la mezcla de ambas.

VII.4.2 **Aspectos relevantes de las cimbras o cerchas para la construcción de arcos**

La cimbra o cercha es una estructura provisional de madera que se utiliza para sostener las dovelas del arco durante su construcción.



Se fabricaba con un conjunto de armaduras o costillas paralelas entre sí, convenientemente separadas, con una curvatura adaptada a la del "intradós", unidas todas ellas transversalmente por listones. Sobre este entablado descansaban las dovelas del arco.

Por lo general se usaron cimbras que podían retirarse o descimbrarse en una pieza, sacando simplemente las cuñas con las que se les calzaba por debajo, de modo que podía quitarse con rapidez el apoyo en cualquier punto del arco.

Para obras de piedra en serie se fabricaron cerchas metálicas de 8, 10 y 12 metros de diámetro.

VII.4.3 **Cercha para la construcción de bóvedas de cuatro metros de claro**

Los maestros empedradores recomendaban no descimbrar el arco hasta que se hubiera terminado la construcción de la parte maciza del "extradós" y el mortero hubiera fraguado y endurecido.

Aún más, que cuando un arco formara parte de una serie de ellos con pilares entre los mismos, no se descimbrara, a fin de que un apoyo quedara con un arco cargado sobre uno de sus lados únicamente, a menos que ese apoyo tuviera la suficiente estabilidad para actuar como estribo.

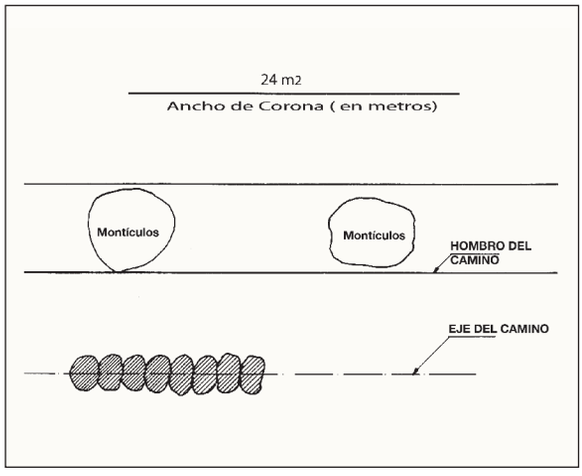
VII.5 **EMPEDRADO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO**

El recubrimiento o empedrado se hacía de la siguiente manera:

1. Una vez terminada la terracería, se acercaba el material formando montículos a un lado del camino. Cada montículo correspondía aproximadamente al material necesario para construir seis metros cúbicos de piedra, y el distanciamiento entre uno y otro se determinaba mediante la expresión:

$$\frac{24\ m^2}{\text{Ancho de la corona (en metros)}}$$

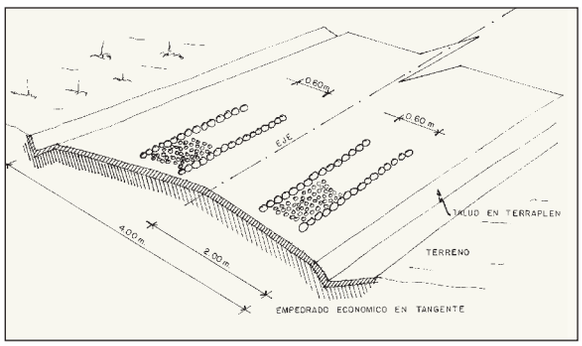
2. Se fijaba el estacado del camino, haciendo el "reventoneado" del hilo o mecahilo de manera que quedara 15 centímetros arriba del nivel de subrasante. Esta altura constituía el nivel de rasante. Con este tendido de hilos o reventoneado se daban los distintos niveles requeridos, entre ellos el bombeo.
3. Las estacas se colocaban en los puntos característicos de cada sección de construcción: el centro, los hombros, los fondos de las cunetas y los ceros, con sus respectivos datos de corte o terraplén, a distancias adecuadas del eje del camino para que no se perdieran al construir las terracerías.

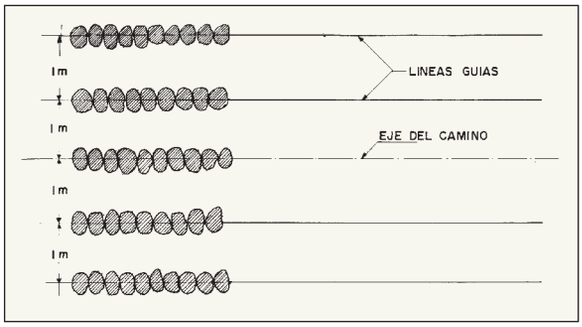


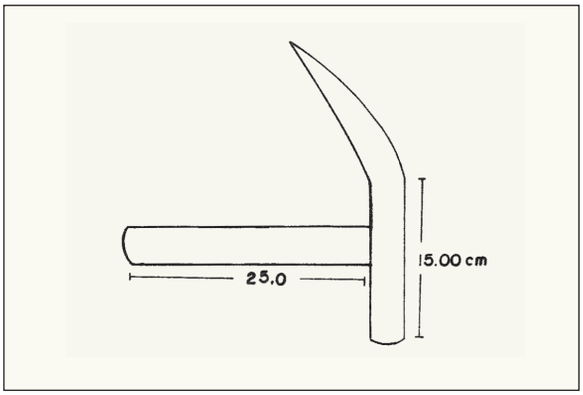
Estas referencias servían para verificar los niveles de la subrasante de las terracerías.

4. Se nivelaba o renivelaba el cuerpo de terracerías, apisonando las zonas que lo requerían, formando de esa manera la cama donde se construiría el empedrado.

Se tendían las guías, haciéndose el hincado de las piedras, trabándolas y cebándolas.







Por razones de tipo económico, en algunos caminos se empedraban únicamente dos franjas de empedrado localizadas a partir del centro del ancho del camino, en tramos de tangentes. En curvas, se empedraba un ancho de tres metros.

5. Terminada y afinada la superficie por empedrar, se tendía sobre ella una capa de material natural de cinco a diez centímetros de espesor, colocando dos o más guías o soleras con una separación o cajón de un metro entre cada una.
6. Con ayuda de la pica el empedrador acomodaba la tierra para recibir la piedra, la cual, conforme se asentaba, se emboquillaba. Lo anterior servía para que las piedras quedaran perfectamente ancladas, evitando filtraciones y movimientos que deterioraran el acabado del empedrado.
7. A lo largo de la línea guía se colocaban las piedras más grandes a pisón, operación que se repetía con las guías colocadas a cada metro, en ambos lados del camino.
8. Se colocaba el resto del empedrado, de manera que las piedras guías quedaran cuatrapeadas.
9. La nivelación de las piedras colocadas entre las guías se hizo con un pisón de madera de 90 centímetros de longitud y sección cuadrada de 50 por 50 centímetros.
10. Al finalizar el empedrado, se colocó arcilla seca hasta cubrir las piedras, apisonando —con la

herramienta descrita anteriormente— nuevamente para tener una superficie tersa.

11. Cuando fue posible, se dio a la superficie de rodamiento un riego de agua y una pasada con plancha o rodillo.

VII.5.1 **Empedrado de caminos con piedra laja**

Para cumplir con el objetivo de utilizar en forma preferencial los materiales de construcción más abundantes en la zona donde se construían las obras, la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Guerrero, elaboró el proyecto geométrico para el empedrado del camino San Juan de Dios–Juliantla, en el municipio de Taxco de Alarcón.

Las comunidades asentadas dentro de la zona de influencia del camino proporcionaron la laja y el gobierno del estado colaboró con el cemento para la construcción de las obras de drenaje y el mortero utilizado en el empedrado.

El banco de laja de color negro se localiza en el kilómetro 0+000 del camino Acamixtla–Juliantla, con 2 000 metros de desviación izquierda, con la particularidad de que la masa rocosa estaba muy fracturada, lo cual facilitó la extracción de piedras casi cuadradas de 25 centímetros por lado y 15 centímetros de espesor.

El banco de mármol color blanco se encuentra en el kilómetro 3+500 del mismo camino, con 1 000 metros de desviación izquierda.

El procedimiento para el empedrado consistió de las siguientes fases:

1. Se colocaron cordones de albañilería como guías para lograr una rasante uniforme.
2. Se afinó la subrasante.
3. Se tendió una plantilla de mortero de cemento de uno a cinco (1:5), de cinco centímetros de espesor.
4. Sobre la plantilla se colocaron las piezas de laja con una separación de 2.5 centímetros.
5. Se llenaron las juntas con mortero de cemento.

6. Se construyó la guía central de 15 centímetros de ancho a lo largo del eje del camino, con mármol triturado de tres centímetros.

VII.5.2 **Empedrado de caminos con piedra bola de río**

Otro ejemplo de uso preferencial de los materiales de construcción abundantes en la zona donde se vayan a construir las obras fue el procedimiento utilizado por la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Guerrero, para el empedrado del camino Santa Fe–E. C. (Petaquillas–Colotlipa). El cual tuvo las siguientes etapas:

1. Sobre la terracería se construyó la superficie de rodamiento utilizando piedra bola de río seleccionada, con tamaño de 10 a 15 centímetros.
2. Se utilizó material areno–arcilloso producto de la criba por la malla núm. 8, para formar la capa de sustentación, donde se acomodó la piedra, el junteo y el acuñamiento.
3. Se reniveló debidamente la capa subrasante.
4. Se colocó la capa de material areno–arcilloso de cinco centímetros de espesor a todo lo ancho de la corona.
5. Se efectuó un riego a razón de cinco litros de agua por metro cuadrado, compactando la superficie con ayuda de un pisón manual.
6. Se construyeron tres guías maestras —hombro derecho, centro y hombro izquierdo—, sin que la longitud rebasara los diez metros.
7. Se anclaron convenientemente las piedras en el material areno–arcilloso y las que se colocaron entre guías, en el cajón, se nivelaron con respecto a éstas, para formar la sección requerida.
8. Cada 20 metros de avance de piedras ancladas en todo el ancho de la corona, se efectuaba un riego de material areno–arcilloso en proporción de dos a uno (2:1), para rellenar los espacios entre piedras.
9. Se acomodó el material utilizando cepillos de fibra, con el fin de terminar de anclar las piedras y evitar filtraciones.

Bibliografía

Díaz Ávalos, Federico, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Aguascalientes*, 1986.

Elías Cardona, Adolfo, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Guanajuato*, 1986.

Jiménez Antuñano, Taide, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Guerrero*, 1986.

Kidder, Frank E. y Harry Parker, *Manual del arquitecto y del constructor*, trad. Santiago Alonso. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1959.

López Gutiérrez, Francisco Javier, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Zacatecas*, 1986.

Normas de Construcción e Instalaciones. Libro 3. Estructuras y obras de drenaje. México, SCT. 1984.

Normas para construcción e instalaciones. Caminos rurales. México, SCT, 1985.

Sención Guzmán, Armando, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Durango*, 1986.

Torres Almazán, Emilio, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Jalisco*, 1986.

Trautwine, John C., *Manual del Ingeniero*. México, Editora Nacional, 1951.

Yagué, Feizal Ramón, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT Colima*, 1986.

Zumaya Guzmán, Abel, *Material de trabajo de la Residencia General de Caminos Rurales del Centro SCT San Luis Potosí*, 1986.

CAPÍTULO VIII. ***Herramientas y equipo***

Evolución histórica de los caminos rurales y alimentadores en México

CAPÍTULO VIII ***Herramientas y equipo***

Cuando se aceptó la realización de los programas de mejoramiento de brechas y caminos rurales con el uso de mano de obra local, de inmediato se hizo necesaria la adquisición de la herramienta simple con la que se efectuarían los trabajos. Los jornaleros que han participado y colaboran en los programas de caminos rurales son habitantes del medio rural y, por lo tanto, están acostumbrados a utilizar herramientas para sus trabajos agropecuarios o aún para la construcción de su vivienda y edificaciones municipales. En el capítulo se resumen las características de las herramientas de mano y los equipos especiales utilizados en los caminos.

VIII.1 **GENERALIDADES**

La herramienta es un instrumento manual que desde tiempos prehistóricos el hombre ha utilizado para fabricar utensilios, labrar la tierra y arreglar algunos equipos y maquinaria, entre otros.

Con el paso del tiempo, las perfeccionaron hasta llegar a los instrumentos modernos conocidos en la actualidad.

En la edad de bronce, con el uso de ese metal, se reemplazaron en parte las herramientas de piedra y madera, lo cual permitió al ser humano un dominio más amplio del mundo que lo rodeaba. Así, empezó a forjar limas, tenazas, mazos y herramientas para labrar la tierra, como la hoz o el arado, atribuido a los fenicios.

Cuando se comenzó a utilizar el acero fue exclusivamente para fabricar espadas y otras armas. Posteriormente, se utilizó en la fabricación de herramientas a fin de dotarlas de fuerza, flexibilidad y mayor duración.

En la ejecución de un trabajo, la herramienta utilizada tiende a calentarse por fricción, lo cual exige un temple especial llamado "corte rápido" que permite triplicar su resistencia al calor. Otras herramientas sólo necesitan el "temple o dureza natural", designadas así por presentar una dureza suficiente para el corte de metales.

En el mejoramiento de brechas, la construcción de caminos de mano de obra y caminos rurales se han empleado las herramientas manuales que se describen en este capítulo.

VIII.1.1 **Cobertura de producción de herramientas en México en 1972**

En el diseño de herramientas se utilizan adaptaciones de estándares del extranjero. Un ejemplo de adecuación a las condiciones locales se tiene en la carretilla; en algunas regiones del país se producen con "manerales" de madera, en lugar de los tradicionales de acero, para facilitar su uso en regiones de altas temperaturas.

Las empresas productoras cumplen con la calidad de los materiales establecida por la ley —acero y madera fundamentalmente—, y durante el proceso de su producción —en el área de forjado— se lleva un control estadístico de su calidad para evitar lo más posible los defectos en el tratamiento.

En cuanto a la capacidad instalada, la producción nacional de 1972 estaba destinada al consumo nacional —en la industria de construcción y las actividades agrícolas—, con un remanente del 20% para la exportación.

Las productoras generalmente cuentan con un departamento dedicado a la innovación en el diseño y a la producción. No obstante, desde hace 40 años se fabrican las mismas herramientas con el diseño original.

La historia señala que la Universidad Autónoma Metropolitana, presentó en 1971 un proyecto de una pala de dos mangos.

La innovación no tuvo aceptación debido al tradicionalismo que se opone a cualquier cambio, a pesar de que las pruebas a que se había sometido el modelo presentaban resultados favorables para su empleo en ciertas actividades de la construcción.

VIII.2 **ADQUISICIÓN Y CONTROL DE LAS HERRAMIENTAS DE MANO**

La adquisición de las herramientas simples o de mano se hacía "libre a bordo", cuando se contaba con vehículos propios para llevarlas hasta el almacén general; de lo contrario, se compraban "puestas en el lugar de la obra", en la cantidad necesaria y con la reserva necesaria para cubrir las piezas que se dañaran en su estiba y por el uso natural e inadecuado de las mismas.

Por ejemplo, uno de los componentes que más se deterioraba era el mango de zapapicos y palas, así como las charolas y ruedas de las carretillas.

Una forma de disminuir los daños en el uso de las herramientas consistió en proporcionar, al inicio de la jornada, únicamente las necesarias según la actividad que fuera a ejecutar cada jornalero. Al terminar el día, el cabo las recibía y concentraba en la bodega del camino.

Al concluir los trabajos las herramientas se almacenaban, haciéndose el reporte de las bajas por el uso natural y las pérdidas.

El control eficiente de las herramientas se realizó de la siguiente manera:

La práctica inicial consistió en entregar la herramienta para que los jornaleros la guardaran en su casa. Al poco a tiempo se desechó el procedimiento porque los camineros la utilizaban en actividades agrícolas, las extraviaban o se quedaban con ellas cuando, sin aviso alguno, se retiraban de los trabajos en el camino.

Luego se fijaron fichas de madera o de lámina, con numeración progresiva, correspondiente al nú-

mero de lista de asistencia de los jornaleros; controlando mediante este número la entrega de la herramienta y su recolección al finalizar la jornada.

Las herramientas se guardaban en la bodega del camino, cuya ubicación se localizaba lo más posible en el centro de gravedad del tramo, cambiándola según avanzaban los trabajos.

También se recurrió a marcar con pintura el número consecutivo de cada herramienta y extender cada día vales de salida de la bodega.

VIII.3 **CARACTERÍSTICAS DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES**

Las herramientas pueden ser sencillas o complejas. Las sencillas incluyen las canastas cabeceras ("shundes"), las barras, compactadores de pie y escrepas, entre otros, y las complejas son los "clave vías" o "ferrovías ligeras".

Por la actividad en que son empleadas, se dividen en: herramientas para excavación y carga; herramientas para el transporte y herramientas de compactación.

VIII.3.1 **Herramientas para excavación y carga**

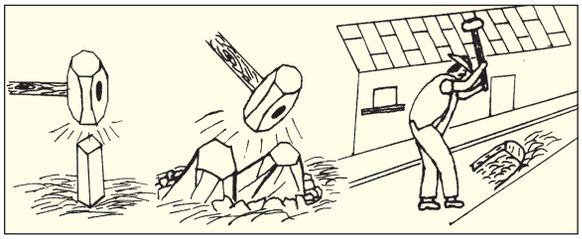
Barreta. Son las más sencillas para la excavación junto con los cinceles, fabricados con una barra de acero endurecido. El cincel tiene en un extremo una parte más ancha y en la barra el extremo es simplemente afilado. Por lo general pesan hasta siete kilos, y tienen 1.50 metros de largo. En algunos países se fabrican barretas para ser usadas por dos o tres personas y tienen un peso de hasta 25 kilogramos.

Estas herramientas permiten aflojar suelos densos y no cohesivos, rocas y bloques así como excavar suelos cohesivos más duros.

Pico o zapapico. El pico o zapapico convencional, de cabeza forjada, pesa hasta 2.8 kilogramos con las dos puntas afiladas o una afilada y la otra en forma de cincel. Se usa principalmente para aflojar el suelo, y debido a que es posible girarlo en un arco amplio, puede ejercer más fuerza que una barreta, aunque no puede excavar ni a la profundidad ni ejercer tanta acción de palanca como ella.

Marro. Para aflojar el material y fragmentar rocas se utiliza el marro, cuya cabeza de acero endurecido de 3.7 kilogramos de peso presenta una amplia variedad de combinaciones de caras planas o redondas, o de puntos afilados en forma de cincel.

Herramientas de punta. El ensanche en la punta de una herramienta utilizada para excavar ofrece



varias opciones de fabricación. Una cabeza con dos cuchillas constituye una piqueta.

Herramientas con cuchilla. La herramienta clásica de una cuchilla es el azadón (*powrak* en inglés, *kodali* en hindú, *muntie* en indonesio y *patjul* o *jembe* en Kenia).

Los azadones pueden fabricarse de dos maneras. La cuchilla afilada puede ser forjada de una sola pieza, incluyendo la boquilla para el mango; o puede ser de algún tipo de acero aplanado, soldado o ribeteado a una boquilla forjada. Estos últimos tipos de herramientas suelen ser fabricados de material fuerte y fácilmente disponible, como las láminas de los resortes desechados de camiones.

En la fabricación de rastrillos para el manejo de materiales pedregosos, la cabeza es generalmente más ancha y corta que la de los azadones.

Palas. Otro grupo importante de herramientas de cuchilla ancha son las palas rectas y curvas. Ambas pueden desempeñar funciones similares. La pala curva ha sido diseñada para extraer y arrojar (o palear) el suelo aflojado, mientras que la pala recta sirve para excavar suelos más firmes.

Las hojas de ambos tipos de palas pueden ser forjadas o fabricadas de hojas de acero prensado. La boquilla para el asa puede estar integrada a la hoja o fabricarse por separado y unirse posteriormente con soldadura. El asa puede ser de madera o de tubo de acero. Este último tiene la ventaja de que puede ser soldado a la hoja, por lo que es más resistente que el de madera ribeteada a la boquilla. Algunas asas tienen mangos en forma de "d" o "t", formadas integralmente o añadidas después, dependiendo de la construcción del mango.

VIII.4 **EJEMPLOS DE HERRAMIENTAS DE MANO Y EQUIPOS ESPECIALES**

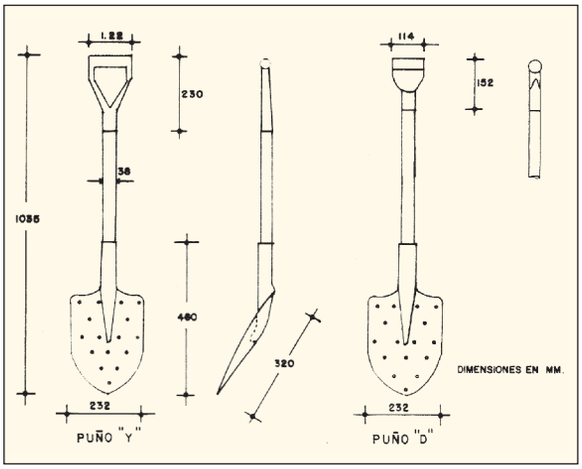
Uno de los criterios básicos de la construcción y conservación de caminos rurales se refiere a la utilización de los recursos más abundantes en la región.

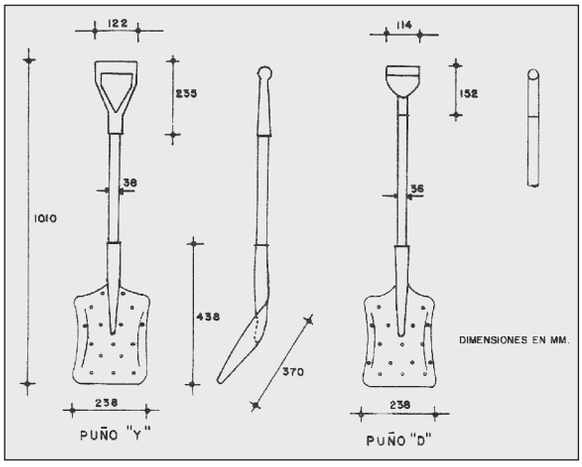
Los siguientes son algunos ejemplos de la aseveración anterior.

Caso 1. Pala barrenada para excavaciones en agua

A fin de incrementar la productividad se efectuó el diseño de la pala barrenada, con base en la herramienta de uso común para la excavación de estructuras donde se requiere bombeo o de excavaciones en agua, con problemas de derrumbes originados por el alto contenido de agua del material, la cual fluye superficialmente y a través de filtraciones que hacen inestables los bordes.

La pala barrenada se diseñó a partir de una pala normal, con orificios en su concha —dieciséis barrenos de 3/8 de pulgada de diámetro en "tresbolillo"—, permitiendo un incremento de hasta 50%. El experimento se realizó también con una pala carbonera, manteniéndose el aumento en el rendimiento por día-jornalero.





VIII.4.1 **HERRAMIENTAS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES**

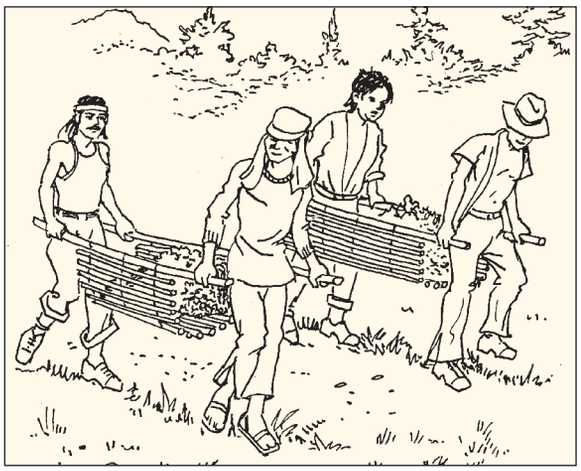
Cuando la distancia de acarreo del material excede el rango de la distancia económica a que puede ser paleado es necesario introducir alguna forma de transporte conveniente. El procedimiento más sencillo es el que depende sólo de la fuerza humana.

Las dos formas principales de transporte son las canastillas cabeceras y los portacargas de hombro. Los costales, las charolas de hombro y las camillas cargadas por dos personas tienen una aplicación más limitada.

Caso 2. Herramienta con tracción animal

Si no se cuenta con la tecnología de la rueda, cualquier carga que exceda los 40 o 50 kilogramos de la camilla requiere el apoyo de animales de carga, con cestones u otros recipientes. Los ponies con portacargas pueden llevar un cargamento de hasta 150 kilogramos cada uno, aunque los burros y las mulas son más útiles para este fin.

Los cestones están confeccionados con cordones amarrados a un fuste para que la carga sea balanceada. Los cestones se cargan utilizando un azadón, mientras que el animal espera y al llegar a su destino, la descarga se realiza volteando los cestones.



Caso 3. Carretilla de lámina

La carretilla típica tiene una sola rueda, pero existen carretillas con dos ruedas y pequeñas montacargas más estables, aunque menos fáciles de usar.

Las carretillas en nuestro país tienen capacidades de hasta 0.09 metros cúbicos. Las de construcción más sólida pueden llegar a pesar de 40 a 50 kilogramos. La rueda de llanta neumática puede ser de hasta 40 centímetros de diámetro.

Las investigaciones sobre esta herramienta señalan que la fuerza necesaria para impulsar la carretilla cargada sobre tierra seca y firme es de dos a tres kilogramos.

La invención de la carretilla se adjudica a Pascal, cuyo principio fue utilizado en las carretillas chinas

diseñadas para cargas aproximadamente del doble de la capacidad de una carretilla en México. Utilizan ruedas neumáticas con rayos, de gran diámetro. Parte de la carga y el esfuerzo es absorbido por una correa de hombro, unida a los mangos.

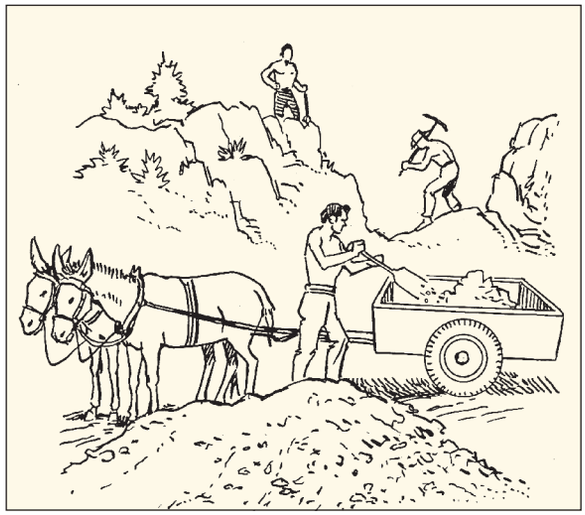
Caso 4. Carretilla de madera

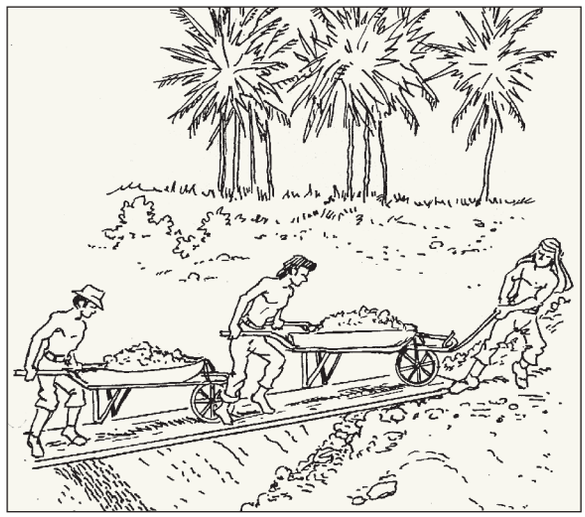
Este tipo de carretilla tiene una capacidad de carga del 50% de las carretillas metálicas tradicionales, aproximadamente, con la ventaja de que en su fabricación se pueden utilizar los materiales locales, si los hay.

Caso 5. Carretas jaladas por animales

Para el transporte de cargamentos mayores que la capacidad típica de 90 kilogramos de una carretilla tradicional, sería necesario agregar la fuerza de un animal o utilizar otro instrumento, como la carreta.

Las carretas tienen una construcción más o menos parecida a la de las carretillas: la plataforma es plana con costados bajos o sin ellos, de madera, que pueden ser fijos o removibles y dos llantas neumáticas. La capacidad de una carreta de mulas varía de 1.0 a 2.0 metros cúbicos. La capacidad de 2.0 metros cúbicos se obtiene con una carreta de bueyes, ya que sus dimensiones dependen de si van a ser tiradas por uno o dos animales.





En el norte de México, en Coahuila, se tiene la experiencia de utilizar escrepas metálicas jaladas por pares de mulas, en la construcción de terracerías de caminos de mano de obra y rurales.

VIII.4.2 **EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA LA COMPACTACIÓN**

Caso 6. Compactación con carretas tiradas por animales

Dentro de la categoría de equipo semi–intensivo, una de las aplanadoras consiste en una carreta

con llantas neumáticas jalada por una yunta de bueyes, aunque el uso de aplanadoras tiradas por tractores es más común.

Se han efectuado experimentos con diferentes tipos de aplanadoras, tanto de pata de cabra como lisas, jaladas por animales o en forma manual, presentándose dificultades para obtener un grado de compactación satisfactorio.

Existen varios implementos como el apisonador manual, el rodillo fabricado con tambos de lámina, el compactador de pie y las escrepas metálicas jaladas por mulas.

Caso 7. Apisonador manual

En algunas regiones ese instrumento es conocido como mazo o pisón. Consta de una plancha de concreto y un tubo vertical para sujetarlo o de secciones de tablón con dos agarraderas de madera colocadas opuestamente o de tronco de madera rolliza con una pieza del mismo tipo de material para sostenerlo y efectuar la operación.

Caso 8. Rodillo fabricado a base de tambos de lámina

El rodillo fabricado a base de un tambo de lámina o tonel, de forma cilíndrica y 200 litros de capacidad, se rellena de concreto pobre y es empujado por dos jornaleros. Es utilizado principalmente en terreno plano.

Caso 9. Compactador de pie

El compactador o "pisón de pie" se fabrica con una viga de madera existente en el lugar, de preferencia de encino o equivalente, con peso volumétrico del orden de 0.9 ton/metros cúbicos. Cuando la madera sea más ligera, conviene reforzar el pisón con una placa de acero.

La viga, sin labrar, tiene de 1.5 a dos metros de longitud, y un ancho máximo de 18 centímetros y 15 centímetros de espesor. A esta pieza se le amarra, en uno de los extremos, un lazo con un asa de la cual se acciona el pisón.

El procedimiento para el uso del compactador de pie consta de las etapas siguientes:

1ª. El jornalero apoya con un pie el extremo de la viga y al jalar el otro extremo con el lazo la hace girar de manera vertical, hasta la altura al nivel de la cintura del jornalero, dejándolo caer al mismo tiempo que lo impulsa con el mismo pie.

2ª. El apisonado se efectúa de preferencia entre dos personas, una a cada lado, iniciándose la operación del eje del camino a los hombros, retrocediendo en forma semicircular a fin de dar el bombeo necesario.

3ª. Cuando los operarios sienten que rebota el pisón o que no cumple con su efecto de compactación, se recorre al segundo tercio de su longitud, marcado en el piso, ya que el mayor impacto lo proporciona el último tercio de la viga de madera.

4ª. Al quedar consolidada cada capa mediante dos pasadas, se obtienen terraplenes de calidad aceptable, garantizándose su estabilidad y una mayor vida útil al revestimiento.

El rendimiento del operario es de hasta 70 metros cúbicos por jornal, en terraplenes de 30 a 40 centímetros de espesor, en condiciones normales.

El personal de la Unidad de Laboratorios del Centro SCT en Toluca, Estado de México (C. Javier García Jaime, laboratorista; ingeniero Ramón F. Vega Armenta, jefe de Unidad de Laboratorios) y el ingeniero Bernardo A. Hinojosa Díaz, residente de Caminos Rurales, efectuaron observaciones al procedimiento de compactación y obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

Resultados de la compactación con material del tipo SC (arena arcillosa)

- En capas de seis centímetros de espesor suelto para una humedad óptima de 24%, se obtuvo una reducción del espesor de 50% y una compactación del 87%.
- Al aumentar el espesor de la capa de material a diez centímetros, con una humedad del 21%, se obtuvo la misma reducción de espesor del 50% y una compactación del 83%.

Por lo anterior, se recomendaron espesores menores de diez centímetros.

Caso 10. Escrepas metálicas tiradas por animales

Los caminos donde se aplicó este procedimiento se localizan en terrenos planos o de lomerío suave, cuyos materiales estaban constituidos por suelos areno-limosos, calizas y conglomerados calizos con clasificaciones promedio de 100-00-00 a 70-30-00.

Cuando el material es muy fino, el rendimiento disminuye debido a que las patas de los animales se atascan.

En el caso de cantos rodados grandes bajaba el rendimiento de las mulas y en ocasiones originaba la voltereta o el bloqueo de la escrepa.

Esta herramienta resultó sumamente útil en la formación de terraplenes de 40 centímetros de espesor máximo.

La escrepa de arrastre se compone de cucharón de acero macizo con dos mangos para cargarla o vaciarla y un asa a la que se engancha el tronco de

mulas. Se fabrican de tres tamaños. La más pequeña, para una bestia, con una capacidad de 0.084 metros cúbicos y una regular y una grande, para una yunta de dos bestias, con capacidades de 0.142 metros cúbicos y 0.198 metros cúbicos, respectivamente. No existe el riesgo de descomposturas, pero sí de que las escrepas dejan de ser útiles una vez que se desgastan.

En condiciones normales de trabajo transportan 70% de su capacidad, utilizándose en el acarreo de materiales producto de préstamos y de desperdicios de los cortes y zanjas. Estas escrepas son recomendables en el retiro de la capa superficial para la formación de cortes y rellenos.

En acarreos a distancias menores a 46 metros son económicos.

Productividad promedio por turno de diez horas	
Distancia de acarreo (m)	Productividad en m^3
7.6	53.5
15.0	45.8
30.5	38.2

Los rendimientos anteriores fueron observados y calculados por el ingeniero Roberto Carmona López, residente general de Caminos Rurales del Centro SOP Coahuila, en 1976.

Los elementos necesarios para el uso de escrepas consisten de corrales, forraje para las mulas, aperos y arados.

Los corrales son áreas cuadradas de 25 metros por lado, cercados con postes y tela ciclónica de 1.80 metros de altura, provistos de bebederos y comederos para los animales. En estos corrales se concentra a las bestias después de cada jornada y se les proporciona alimentación y cuidado.

Los aperos se componen de implementos para que el tiro de mulas pueda jalar la escrepa.

Si el material está compuesto por arena o limo arenoso y no contiene hierba o raíces, puede extraerse sin arar, pero por lo general es conveniente arar previamente antes de proceder a sacar el material.

La organización de los trabajos consta de las siguientes etapas:

1ª. Los corrales se instalan a cada dos kilómetros, manteniendo en cada uno de ellos de 30 a 35 tiros de mulas.

2ª. Los caballerangos y corraleros se encargan del cuidado y atención de los animales: alimentación, caminatas de descanso, curaciones, limpieza, etcétera.

VIII.4.3 **USO DE TRACTOR AGRÍCOLA**

Los trabajos que pueden desarrollarse con el equipo agrícola son, entre otros, el desmonte, roza y despalme; la formación de cunetas y extracción de material, y formación de terraplenes.

La selección de equipo e implementos agrícolas existentes en la región que vayan a ser utilizados como maquinaria de construcción se relaciona de manera directa y fundamental con las condiciones topográficas e hidrológicas del lugar y del tipo de suelo por atacar.

Caso 11. Tractor agrícola en la formación de terraplenes

En la formación de terraplenes sobre terreno plano se utilizaron tractores agrícolas como escrepas, con aditamentos especiales para arrastrar vagones en la transportación de materiales para revestimiento, a una distancia máxima de sobreacarreo de cuatro kilómetros y velocidad máxima de 25 kilómetros por hora.

Los aditamentos requeridos, además del tractor, son los siguientes:

- Arado de dos o tres discos.
- Subsoleador (implemento que funciona como ripper o escarificador)
- Cuchilla agrícola con sistema de movimientos vertical y horizontal.
- Vagón o palangana o caja para el transporte de materiales.
- Cucharón para ser utilizado como escrepa.
- Pipa para el acarreo de agua.

Caso 12. Tractor agrícola en el afinamiento de terracerías

Para esta actividad se necesita un tractor de 60 HP, que tenga un sistema de rieles soldados y cuchillas

de corte —salientes—, que permitan rebajar los bordes existentes y arrastrar el material.

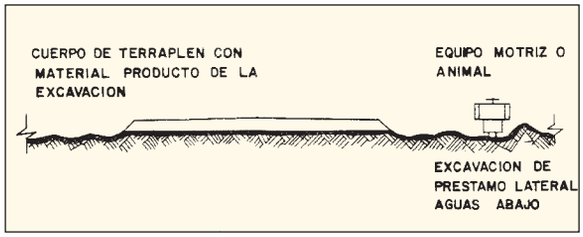
Caso 13. Tractor agrícola en la compactación

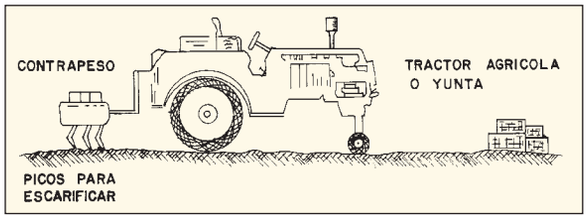
Se logra mediante rodillos habilitados con tres tambos de 200 litros rellenos de concreto.

La capacidad del conjunto es de 1400 kilogramos, con un ancho de dos metros.

Caso 14. Tractor agrícola para excavaciones de préstamos laterales y escarificación del terreno

En la construcción de caminos localizados en terrenos blandos, pastizales o tierras de cultivo se utilizaron tractores agrícolas con base en los picos sobre


CUERPO DE TERRAPLEN CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION
EQUIPO MOTRIZ O ANIMAL
EXCAVACION DE PRESTAMO LATERAL AGUAS ABAJO



los que se colocó un contrapeso para lograr mayor efectividad.

En regiones agrícolas con escasa tecnificación, la fuerza motriz del tractor se sustituyó por una yunta de animales.

Caso 15. Tractor agrícola en el acarreo de materiales para revestimiento

En el acarreo de materiales de revestimiento se utilizó un vagón de madera tirado por un tractor agrícola.

El vagón tiene 1.25 metros de ancho, 80 centímetros de altura, dos metros de largo y capacidad de dos metros cúbicos.

Caso 16. Tractor agrícola en el rastreo de la superficie de rodamiento

En el rastreo o la afinación de la superficie de rodamiento de caminos rurales se utilizaron parrillas de rieles o de madera arrastradas mediante un tractor agrícola.

Esos equipos rústicos se fabricaron con materiales, equipos y herramientas existentes en la zona de influencia de la vía.

Caso 17. Tractor agrícola en excavaciones sobre terrenos blandos

El tractor agrícola también se utilizó en excavaciones sobre terrenos blandos, pastizales o tierras de cultivo, así como para excavaciones de préstamos laterales.

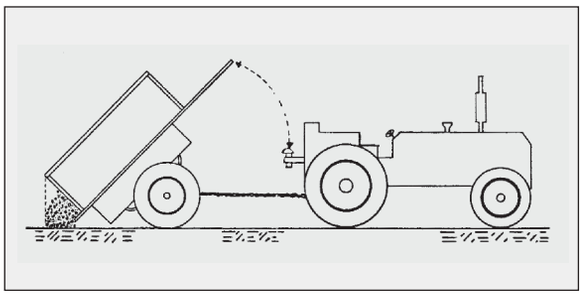
El procedimiento consistió en escarificar el terreno con los picos. Sobre éstos se colocó un contrapeso para obtener mayor efectividad.

En algunos casos la fuerza motriz del tractor se sustituyó por una yunta de animales, según reporte de la Residencia General de Conservación de Obras Públicas del Centro SCT Sonora, en 1985.

Caso 18. Tractor agrícola en acarreo y descarga de materiales para el revestimiento

Para el transporte y la descarga de materiales de revestimiento y para propiciar su tendido con espesor uniforme, se utilizó un vagón de madera.

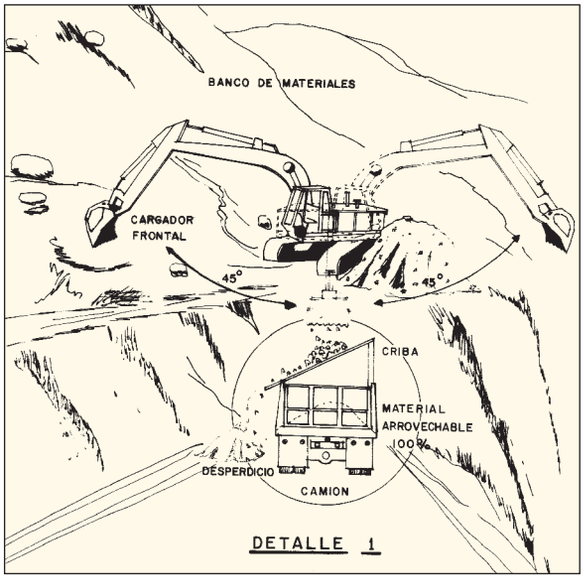
La descarga se efectuaba en sitios prefijados, conforme avanzaba el tractor agrícola, procediéndose al tendido mediante otro aditamento.

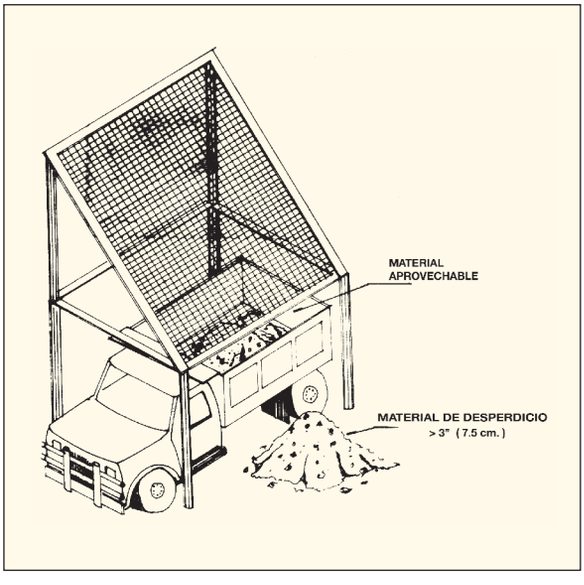


VIII.4.4 **EQUIPOS ESPECIALES**

Uno de los problemas más graves que se presenta en la construcción de caminos rurales es la selección de materiales adecuados para formar la capa de revestimiento.

Existe un material que se encuentra en estado suelto y que puede ser utilizado como revestimiento. Se trata de la mezcla grava–arena. Por experiencia, el mejor de estos materiales no está en el cauce de las corrientes sino en los playones.





Para que las gravas-arenas puedan ser utilizadas como revestimiento requieren de una regular cementación, la cual es proporcionada por los limos, lográndose una clasificación promedio de las gravas-arenas de 80–20–00.

Caso 19. Criba para la selección de materiales procedentes de banco

Una vez localizado el banco de gravas–arenas se presenta el problema de seleccionar, en forma rápida, los volúmenes aprovechables.

Para ello se diseñó un "camión volteo con una criba", cuya malla tiene las aberturas adecuadas para permitir que caigan dentro de la caja los materiales aprovechables y deslicen, sobre la superficie inclinada de la malla, los materiales desperdiciados.

El ciclo de trabajo comprende las siguientes actividades:

- Entra el cargador, carga y regresa en reversa "ronceado".
- Levanta el cucharón, arroja el material sobre la criba separándolo en aprovechable y desperdicio.
- Un cargador de 1 ½ yardas cúbicas de capacidad, carga un camión volteo de seis metros cúbicos en tres ciclos completos.
- Una vez que carga el último ciclo, levanta un poco más el cucharón y el camión sale en reversa. Baja el cucharón y con su "ritmo" hacia delante, forma un camellón o montón de desperdicio.
- El desperdicio queda entre el cucharón y el cargador.
- La tapa del camión volteo permanece fija durante la carga.
- Para la descarga se marcan los sitios de acuerdo con el espesor requerido.
- Regresa el cargador al punto de partida; entra al banco, corta, sale "ronceado" hacia el otro camión y ejecuta sus tres ritmos completos.
- Sale el camión, baja el cucharón y arrastra el desperdicio hasta el camellón.

Después de tres ciclos completos, la mitad se desperdicia. Este dato se puede consultar en el *Libro amarillo de la Caterpillar*, que entre otras cosas, contiene los valores de los ciclos para cribas y tapas.

El ingeniero Alberto López Gutiérrez, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Jalisco, observó en 1981 las ventajas del "camión-criba":

Se transporta únicamente el material 100% aprovechable.

No es necesario el "papeo" del material de revestimiento.

No se acarrea material de desperdicio.

Bibliografía

Antón Macín, José Luis, "Equipo apropiado para las necesidades de los países en desarrollo", en *Revista Comunicaciones de América*. México, 1981.

Hinojosa Díaz, y Arturo Romo Rodríguez, De la residencia general de Caminos Rurales, y Ramón F. Vega Armenta, De la unidad de laboratorios Toluca. Centro SCT Estado de México. *Compactador o pisón de pie*. Toluca, Edo. de México, 1985.

Jiménez González, Raúl, *Areámetro "Gerardín"*. Zacatecas, Zac., 1986.

León Nares, Marco Antonio, Residente General de Caminos Rurales del Centro SCT Sonora. "Pala Barrenada". Hermosillo, Son., 1985.

López Gutiérrez, Alberto, Residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Jalisco. "Camión criba". Guadalajara, Jal., 1981.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). Deparamento de Tecnología y Empleo *Guía de herramientas y equipos para la construcción de caminos basados en mano de obra. Catálogo de herramientas y equipos simples potencialmente adaptables al empleo de mano de obra*. Ginebra, Suiza, Laurent Guerin, 1980.

Salgado Melgarejo, Domingo, De la junta local de caminos del estado de Veracruz. "Compactador manual integrado por un tambo de 200 litros", 1975.

Villanueva Aguilera, Fernando, "Empleo de equipo agrícola en la construcción de caminos rurales". México, 1985.

CAPÍTULO IX. ***Calidad***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO IX. ***Calidad***

Una vez que finalizaban los trabajos de mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con mano de obra local, a la vista aparecían detalles que para el lego denotaban cierta falta de calidad, como por ejemplo, en la afinación de los taludes de cortes o en el espesor de la capa de revestimiento, ya que en el caso de los caminos rurales con uso intensivo de mano de obra, las excavaciones, en ocasiones la carga a los camiones y el tendido de los materiales para recubrir las terracerías, se realizaba con herramientas simples, a diferencia de lo que ocurre en carreteras pavimentadas, que se efectúan con equipo.

El capítulo contiene en forma resumida la normativa para la calidad de este tipo de caminos; expone los problemas más comunes que se encontraron en su realización y los tramos de prueba que se hicieron para encontrar la solución de aquellos.

IX.1 **INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos 40 años, la construcción de caminos rurales se ha ido perfeccionando, a fin de disminuir los costos de mantenimiento y alcanzar el nivel óptimo en el índice de servicio, apoyándose para ello en el adecuado proyecto geométrico y el control de calidad.

Para contar con un control de calidad eficiente, fue necesario realizar una supervisión cuidadosa y oportuna que permitiera corregir algunos aspectos del procedimiento constructivo, efectuándose las pruebas de materiales necesarias que permitieron corroborar que la calidad alcanzada era la especificada en el proyecto o tomar las medidas necesarias para lograrla, tal como lo afirma el ingeniero Froylán Vargas Gómez, en su trabajo presentado en la Reunión Latinoamericana sobre Tecnología de Carreteras para Países en Desarrollo (RELATEC), celebrada en la ciudad de México en 1981.

IX.2 **NORMATIVA PARA LA CALIDAD EN LOS CAMINOS RURALES**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el Libro 3 de sus *Normas para Construcción e Instalaciones. Caminos Rurales*, edición 1985, precisa la forma

en que debe procederse en cuanto a la calidad de los materiales utilizados en las terracerías, obras de drenaje y revestimientos.

Como ejemplo se citan los siguientes:

"Inciso 001-D.01 Los materiales utilizados en la ejecución de las obras cumplirán con lo que corresponda aplicar de las Normas de Calidad de los Materiales, fijadas en el Libro 4 y en este Libro".

"001-B-03 El muestreo y las pruebas de los materiales que se utilicen en la ejecución de las obras a que se refiere este volumen, se efectuarán de acuerdo con: lo que corresponda del Libro 6 y de este Libro".

Un esfuerzo adicional de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, para proporcionar a los técnicos participantes en la construcción y conservación de caminos rurales material específico de consulta en materia de control de calidad, se encuentra en el estudio denominado *Normas de supervisión para la construcción de caminos rurales*, del año 1986.

Ese texto da énfasis al control de calidad. Por ejemplo, en el subcapítulo "Identificación y clasificación" se describen las pruebas utilizadas para la clasificación de fragmentos de roca y suelos —la granulometría, la dilatancia, la tenacidad y la de resistencia en estado seco.

Contiene los métodos para definir las características de plasticidad de los suelos: límite líquido, índice plástico y la contracción lineal. Reseña la determinación del límite líquido de un suelo por el método estándar o procedimiento de Casagrande.

Incluye también los aspectos relevantes de la prueba equivalente de arena y del índice de durabilidad.

En cuanto a la compactación de los suelos se estudian las pruebas AASHTO estándar, la Proctor SOP, la AASHTO Modificada 3 y 5 capas y la Porter, explicando el procedimiento para determinar el grado de compactación.

Se analizan las pruebas que se efectúan a los suelos para determinar las características de resistencia que se utilizan principalmente en el diseño de pavimentos: Porter estándar, Porter modificada; valor relativo de soporte en el lugar; valor relativo de soporte del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos de Norteamérica, y la prueba de placa.

El documento indica que las pruebas aplicadas a los materiales estabilizados con cemento Portland, cal hidratada o puzolanas (tipo flexible) son: granulometría, límites de plasticidad y contracción lineal, equivalente de arena, valor cementante e índice de resistencia del suelo modificado.

El libro fue elaborado de una forma sumamente didáctica. Consta de un material de aprendizaje sobre cada subtema y enseguida una serie de reactivos de evaluación formativa.

En los capítulos de Terracerías, Obras de Drenaje y Revestimientos se analizan temas sobre las normas para la construcción de caminos rurales bajo el mismo esquema: proporcionar material de aprendizaje y sus reactivos de evaluación.

IX.3 **PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA REALIZACIÓN DE CAMINOS RURALES**

Dos aspectos que demuestran la actitud responsable del personal técnico encargado del control y verificación de la calidad de las obras, se refieren, en primer término, a la observación de los problemas que comúnmente se presentaban en el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra.

En segundo lugar, la atención que el personal técnico a cargo de la dirección de los trabajos prestaba al cumplimiento de la calidad, aplicando la normativa en vigor y procediendo al estudio e investigación mediante tramos de prueba.

Problemas más comunes en la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra

En su etapa a cargo de las investigaciones y los estudios especiales del Departamento Técnico, en la Dirección General de Caminos de Mano de Obra, después denominada de Caminos Rurales, el ingeniero Fernando Olivera Bustamante efectuó numerosas observaciones de las fallas de talud en cortes y terraplenes, y de funcionamiento deficiente de la superficie de rodamiento, principalmente, las cuales permitieron, en su oportunidad, aplicar mejores procedimientos para tratar de evitar algunas de las fallas que se narran a continuación.

Caso 1. Fallas de talud en cortes

Por lo general se presentaban debido a la fuerte saturación del material, provocado por escurrimientos en la ladera aguas arriba, además de la presencia de "echados" de roca en contra de la estabilidad del talud y por la disminución de la resistencia de los materiales al aumentar su humedad.

La solución consistió en construir contracunetas impermeabilizadas, para captar los escurrimientos y conducirlos hacia obras de drenaje transversales, localizadas fuera de la zona de falla.

Caso 2. Fallas de talud en cortes

En otros casos, las fallas de talud en cortes tenían su origen en zonas de retroceso, debido a la errónea solución del drenaje.

Aún cuando las cunetas construidas captaban el agua de lluvia de los tramos superiores, en los retrocesos de tipo "sinuoso", al llegar el agua a una curva de grado alto, se salía del cauce y escurría sobre la superficie de rodamiento, con la consecuente erosión.

En ocasiones, la corriente atravesaba la superficie para caer en los tramos inferiores del retroceso, saturando el material que se encontraba entre ellos. Los problemas se agravaban cuando:

- Los materiales saturados perdían o disminuían su resistencia en forma notable.

- Los materiales eran fácilmente erosionables, como el granito alterado, y
- La corona del camino se reducía, en cuyo caso había que modificar el trazo del camino.

El procedimiento para solucionar este último problema consistió en lo siguiente:

- Mover la línea hacia el corte para localizarlo en firme.
- Ampliar e impermeabilizar las cunetas.
- Dar una sobreelevación de la corona hacia el lado del corte, en tangentes.
- Captar los escurrimientos de la ladera por medio de contracunetas impermeabilizadas, donde fuera necesario.
- Construir salidas con lavaderos en obras de alivio, para conducir el agua entre los tramos del retroceso sin saturar los materiales.

Caso 3. Fallas de talud en cortes

Cuando se llegó a dar un mal uso de los explosivos también se afectaba la estabilidad de los materiales. Para corregir los defectos, los taludes se afinaron.

Caso 4. Fallas de talud en cortes

Las deficiencias en el proyecto de los taludes originaron fallas en los taludes de corte.

Lo anterior ocurría porque se carecía de estudios geotécnicos, y porque se proyectaron los taludes con ¼:1 en forma indiscriminada.

La experiencia permitió cambiarlos a ½:1 o ¾:1.

Caso 5. Fallas de talud en terraplenes

Para los caminos localizados en zona montañosa con una pendiente transversal mayor a 20%, la falla del talud en terraplén tenía su origen en el proyecto.

La solución consistió en relocalizar el tramo a fin de proyectarlo en firme y construir escalones en la zona del terraplén aguas abajo, si es que la vía ya existía, para disminuir la carga parásita sobre los taludes.

En general, en este tipo de topografía la construcción de terraplenes consideraba escalones de anclaje y la compactación o acomodo del material, en función de su compacidad.

Por otra parte, a fin de ahorrar longitud de tubería en las obras de drenaje, se proyectó la plantilla elevada respecto del terreno natural, colocándola sobre parte del terraplén.

Esta situación originó la destrucción del cuerpo del mismo, en virtud de que el agua dañaba el pie del talud y al caer sobre el terreno natural, susceptible a la erosión, ésta se efectuaba en forma regresiva deteriorando el terraplén, el terreno natural y a la obra de drenaje.

La solución consistió en:

- Proyectar obras sobre el cauce natural de los escurrimientos, con el mínimo de relleno posible.
- Construir lavaderos a la salida de las obras que condujeran el agua más allá de los ceros del terraplén.
- Proyectar disipadores de energía como protección del terreno natural.

Caso 6. Fallas de talud en terraplenes

Al paso del equipo pesado se rompía la estructura natural de ciertos materiales, perdiendo su capacidad de soporte convirtiéndolos en polvo.

Para evitar esta situación se aconsejó construir terraplenes de poca altura y que no se formaran a volteo, sino por capas compactadas al 90% de su peso volumétrico seco máximo.

Caso 7. Fallas de talud en terraplenes

En zonas costeras el material más abundante para la construcción de caminos, son las arenas inertes de granulometría uniforme, fácilmente erosionables por el agua y el aire.

En los terraplenes construidos con esos materiales fue necesario arropar los taludes con material arcilloso a fin de propiciar el crecimiento de vegetación.

Caso 8. Funcionamiento de la superficie de rodamiento

Los problemas que se presentaron en la superficie de rodamiento se debían a uno o varios de los siguientes factores:

- Mal funcionamiento de las cunetas.
- Pendientes longitudinales fuertes.
- Suelos de terracerías de mala calidad.
- Materiales de revestimiento inadecuados.

Caso 9. Funcionamiento deficiente de cunetas

El funcionamiento deficiente de algunas cunetas se debía a la falla en la construcción de su sección o al azolve de la zanja con los materiales caídos de corte.

Lo anterior originaba que el agua escurriera por la superficie de rodamiento y la erosionara, arrastrando el material de la capa de revestimiento.

Para limitar el escurrimiento del agua sobre la superficie de rodamiento, desde el proyecto se consideró la sobreelevación de la corona en un 40 o 50% hacia el lado del corte.

Caso 10. Pendientes longitudinales fuertes

La situación descrita en el caso 9 empeoraba cuando la pendiente longitudinal del camino era mayor de 8%, por lo que se tomaron medidas para disminuir la velocidad del escurrimiento del agua, ya que en ocasiones llegaba a socavar la superficie de rodamiento.

Una solución consistió en empedrar o colocar baldosas de concreto rugoso en las zonas de rodada, o en la construcción de sangrías transversales al camino.

Para contribuir a la solución del funcionamiento deficiente de cunetas fue necesario construir la sección completa de la misma, cuyas dimensiones se cuantificaron a partir del hombro de la corona, sin tomar en cuenta el espesor de la capa de revestimiento, debido a los agentes que originaban la disminución del espesor de esa capa o que la anulaban, haciendo que la sección de la cuneta fuera insuficiente.

Desde luego, también se desazolvaba la zanja.

Caso 11. Suelos de terracerías de alta plasticidad

Cuando las terracerías en los caminos rurales eran de mala calidad, con alta plasticidad, por ejemplo, a pesar de recubrirlas con materiales impermeables, el agua de lluvia penetraba a través de los mismos y las humedecía provocando una fuerte disminución de su resistencia.

Con el paso de los vehículos, el revestimiento se incrustaba en las terracerías, y provocaba su contaminación y mal comportamiento.

Para solucionar este problema se construyó una capa subrasante de calidad superior a la mínima que señalaba la normativa en vigor.

Caso 12. Terracerías de mala calidad y precipitación pluvial alta

Ante la doble adversidad de precipitación pluvial alta y terracerías de mala calidad era difícil encontrar los materiales adecuados para la capa de revestimiento o bien los bancos se encontraban a grandes distancias del lugar de la obra, situaciones que originaban un costo de acarreo muy alto. En este caso, la solución consistió en construir la superficie de rodamiento sobre la subrasante con suelo cemento.

Con esta solución se acarreó únicamente 5% del volumen de material total, correspondiente al material estabilizador.

Caso 13. Empleo de materiales inertes en la capa de revestimiento

Otra factor que provocaba un comportamiento deficiente de la superficie de rodamiento era el empleo de materiales inertes (grava-arena de río o tezontle) para formar la capa de revestimiento, ya que no tenían aglutinantes y por lo mismo, eran fácilmente desalojados hacia los lados del camino, perdiéndose en los taludes o siendo arrastrados por el agua que corría sobre las cunetas.

Para que la grava–arena de río o el tezontle trabajaran en forma adecuada fue necesario agregarle algún material de baja plasticidad, como arenas arcillosas, limos o caliches.

Caso 14. Estabilización de revestimientos

El deterioro de los caminos rurales está ligado al comportamiento del material de revestimiento y al de la terracería, bajo las acciones combinadas del tránsito y ambientales.

La capa de revestimiento con espesores variables, de diez a 30 centímetros, puede ser relativamente permeable o impermeable cuando contiene algún material cementante en forma natural o incorporado para lograr su estabilización.

El comportamiento de la capa de revestimiento de los caminos rurales bajo las acciones del tránsito

depende de las características del material que la constituye, del régimen de lluvia y de las condiciones de drenaje.

Se presentan casos en los que los materiales locales son incapaces de cumplir las especificaciones requeridas ni de comportarse en forma adecuada en el transcurso del tiempo, por lo que, como afirma el ingeniero Manuel Zárate Aquino en su ponencia "Estabilización de revestimientos", presentada durante el Seminario Internacional de Caminos Rurales, XXV Años, es necesario recurrir a un tratamiento de estabilización.

Este tratamiento tiene como objetivos:

- Mejorar la resistencia
- Reducir la plasticidad de la fracción fina.
- Obtener mayor durabilidad.
- Requerir menor mantenimiento.
- Reducir la permeabilidad.
- Mejorar las condiciones de rodamiento.
- Reducir los costos de operación.
- Aumentar la resistencia a la erosión.
- Utilización de materiales locales.

Según Zárate Aquino, la estabilización puede ser física o química.

Estabilización física. El procedimiento tradicional de estabilización física consiste en compactar los materiales, naturales o sometidos a procesos de disgregación, trituración, cribado o mezclas de varios de ellos para mejorar sus características.

Este proceso de compactación incrementa la resistencia del material, reduce la densificación posterior debida al tránsito, mejora las condiciones de impermeabilidad y proporciona una superficie adecuada para el tránsito.

La estabilización física es aquella en la que no se presentan modificaciones de las características intrínsecas de los materiales; es decir, que los componentes de la mezcla, con procedimientos más o menos simples, se pueden separar. Tal es el caso de

la arena utilizada para disminuir la plasticidad o el uso de materiales de baja plasticidad para aumentar el poder de aglutinamiento o cementación de los materiales.

Para resolver algunos problemas de estabilización de materiales ha sido necesario mezclar dos o más materiales para obtener los requisitos de calidad exigidos.

En los caminos rurales es común realizar estabilizaciones de tipo mecánico a fin de disminuir la plasticidad de los materiales granulares, agregando arena lo más fina posible para que los materiales cercanos a la obra puedan ser utilizados como superficie de rodamiento.

También se realiza este tipo de estabilización para cementar o aglutinar los materiales inertes, incorporándoles un pequeño porcentaje, de 10 a 20%, de otros materiales de baja plasticidad y así evitar que sean desalojados por el tránsito hacia el centro y la orilla del camino.

En la búsqueda de soluciones a los problemas de estabilidad en la superficie de rodamiento se ha recurrido principalmente al uso de estabilizaciones de tipo mecánico. Sin embargo, en algunas zonas resulta antieconómico el acarreo de materiales naturales de buena calidad para realizar estos trabajos, y se prefiere la estabilización química con la intención de reducir los costos de construcción y conservación.

Estabilización química. Además de los productos tradicionales, como cemento Portland, cal y asfaltos, se tiene una amplia gama de posibilidades de utilización de productos adecuados para la estabilización de materiales, mismos que modifican o les confieren propiedades y características deseables, como cohesión o cementación, resistencia al desgaste, impermeabilidad, reducción de la plasticidad, higroscopia, entre otros, gracias a lo cual pueden aprovecharse los materiales locales con amplias posibilidades de buen comportamiento.

Los estudios de estabilización química se han agrupado de la siguiente forma:

- Estabilización de los materiales plásticos de subrasante, para aumentar su capacidad de carga y evitar que el revestimiento se incruste en las terracerías, disminuyendo así mismo los espesores de la capa que constituye la superficie de rodamiento.
- Estabilización de materiales plásticos de subrasante para ser utilizados como revestimiento provisional.
- Estabilización de materiales fácilmente intemperizables para su uso como revestimiento provisional.
- Recuperación de materiales de revestimiento que han sido absorbidos por terracerías arcillosas.
- Estabilización de arcillas mediante su calcinación para ser utilizadas en el revestimiento.

Como parte de las investigaciones se efectuaron pruebas de laboratorio y se construyeron tramos de prueba.

Pruebas de laboratorio. Los resultados de los estudios llevaron a la recomendación de que antes de efectuar un trabajo de estabilización se realicen pruebas de laboratorio para avizorar la obtención o magnitud de los posibles resultados, en virtud de la calidad de los materiales por estabilizar y el tipo y cantidad de producto estabilizador.

Además, debe tenerse en cuenta la forma de efectuar las pruebas y el tiempo para obtener resultados.

IX.4 **TRAMOS DE PRUEBA**

Caso 1. Pruebas de laboratorio en el estado de Hidalgo

Las pruebas aplicadas al material procedente del banco Tamazunchale, San Luis Potosí, se realizaron en el laboratorio del Centro SCT Hidalgo. El procedimiento de prueba que se utilizó en el material con exceso de plasticidad consistió en adicionarle 5% de cal en peso y someterlo a saturación inmediatamente

para determinar su valor relativo de soporte (CBR por sus siglas en inglés).

Al material con exceso de plasticidad se le adicionó 5% de cal en peso y se dejó tres días en reposo antes de proceder a su saturación para determinar el VRS.

Al material se le adicionó 5% de cemento en peso y se metió a saturar inmediatamente para determinar su VRS.

Informe sobre las terracerías del Centro SCT Hidalgo	
Valor relativo de soporte (CBR) en material natural:	Material estabilizado con cal, iniciándose la saturación inmediatamente después de elaborado el espécimen:
5.8%	20.6%
Cuando el espécimen se dejó tres días a la intemperie y después se penetró:	Cuando el material se estabilizó con cemento:
94.1%	87.5
Expansión del material	
En forma natural: 6.7%	0.43 con cal 0.86 con cemento

Se realizaron pruebas de estabilización a materiales de lutita (roca metamórfica suave formada de arcilla o limo arcilloso consolidado), que aparentemente puede servir como revestimiento, ya que en estado seco presenta una dureza aceptable. Sin embargo, estos materiales son afectados con facilidad por el intemperismo, principalmente por el agua, por lo que después de una o dos temporadas de lluvias, el material se desintegra, dando como resultado arcilla de mediana plasticidad, inadecuada como superficie de rodamiento.

Por lo anterior, para un mejor uso de la lutita se requiere impedir que el agua de lluvia lo dañe y esto se logra mediante su impermeabilización, llenando los huecos entre partículas con material estabilizador.

Reporte de ensaye de materiales de base y subbase

El material pétreo es una mezcla 90-10% en volumen de materiales procedentes de los bancos en los kilómetros 1+500 y 1+000 del camino Cahuanzas-Tetlalpan, con 5% de cemento. En ese caso, el valor relativo de soporte fue de 75.3%.

Reporte de ensaye de materiales de base y subbase

Al material pétreo (mezcla 90-10 en volumen) se le adicionó 5% de cemento.

En ese caso el valor relativo de soporte fue de 23.5%, con un % de expansión de 0.22 y un valor cementante de 27.5 kilogramos por centímetro cuadrado.

Interpretación de los resultados

El material estabilizado acusa propiedades excelentes para su utilización en la capa de revestimiento.

Caso 2. Pruebas de laboratorio en el estado de San Luis Potosí

El laboratorio del Centro SCT San Luis Potosí comprobó los estudios realizados en el Centro SCT Hidalgo, y con materiales de la misma zona se obtuvieron resultados semejantes al efectuarse la estabilización con cal.

Informe sobre terracerías del Centro SCT San Luis Potosí
Valor relativo de soporte del material natural: 5.9% Adicionándole 5% de cal en peso: 213.0%
Valor inicial de contracción lineal: 11.9% Material estabilizado: 4.3%

Interpretación de resultados

Los resultados señalan que los valores relativos de soporte y la contracción lineal mejoran notablemente con respecto al material sin estabilizar, y que si se coloca sólo sería inadecuado para subrasante.

En los laboratorios de los Centros SCT Hidalgo y San Luis Potosí se desarrollaron pruebas de estabilización de cal con adición de material puzolánico (piedra pómez) disgregado hasta pasar por la malla número 4.

Valor relativo de soporte del material natural: 5.9% Adicionándole 3% de cal y 3% de puzolana: 115.0% Adicionándole 5% de cal y 5% de puzolana: 151.0%
Contracción lineal de material natural: 0.44% Con 3% de cal y 3% de puzolana: 0.25. Con 5% de cal y 5% de puzolana: 0.16.

Interpretación de resultados

Los resultados son lógicos y satisfactorios, pues la mezcla de cal y puzolana forma un concreto de resistencia lenta. Es decir, que en los primeros días el aumento de resistencia es bajo respecto a un cemento normal, pero en el caso investigado la resistencia aumentó después de los 28 días.

En cambio, el cemento puzolánico incrementó su resistencia en forma considerable después de esa edad.

Lo anterior significa que los resultados de valor relativo de soporte podrían haber sido aún más satisfactorios, si la penetración se hubiera realizado a los tres meses de saturación en lugar de a los tres días, que señala el método mencionado anteriormente.

Caso 3. Pruebas de laboratorio en el estado de Tabasco

El estudio de estabilización se realizó con motivo de la construcción del camino rural Frontera-Quintín Arauz, ubicado en una zona pantanosa cercana al Golfo de México.

Las terracerías se construyeron con material consistente en arenas limosas y arcillas con alto contenido de materia orgánica, por lo cual se estabilizaron con cal. Esta solución permitió disminuir la humedad y proporcionar buen soporte a las terracerías.

En la capa de revestimiento se utilizó arena de médano aglutinada con cemento, en virtud de que los bancos de revestimiento con materiales de calidad aceptable se localizaban a 135 kilómetros del camino, en contraste con los 20 kilómetros a donde se encontró la arena. De esa manera los costos disminuyeron 77.5%.

En este caso, la cal se utilizó para aumentar la calidad de los materiales aún cuando tuvieran un alto porcentaje de material orgánico.

Material	Valor relativo de soporte (%)		Expansión	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Arena limosa (SM)	10.3	50.9	1.2	0.3
Limo orgánico (OL)	5.6	63.0	4.5	0.3
Limo inorgánico (IMH)	2.9	40.0	9.7	3.0
Arcilla orgánica (OH)	6.5	68.6	7.2	1.7
Suelos altamente orgánicos	2.0	32.9	14.7	4.6

Interpretación de resultados

Los resultados son satisfactorios para materiales a usarse en el cuerpo del terraplén, a pesar de que los especímenes se introdujeron al tanque de saturación inmediatamente después de haber sido elaborados.

Por lo anterior, puede afirmarse que si se hubieran dejado al menos tres días a la intemperie, los valores mostrados se hubieran duplicado.

Caso 4. Pruebas de laboratorio en el estado de San Luis Potosí

En la zona de la Huasteca se encuentra el camino El Carrizal-Santa Martha. Se trata de una zona de alta precipitación pluvial, con abundancia de materiales arcillosos de media a alta plasticidad.

El tramo de prueba con estabilización de materiales se dividió en cinco secciones:

1ª. Material de revestimiento (grava-arena y arcilla en proporción 5:1), sin compactar, de diez centímetros de espesor, sobre terreno natural.

2ª. Material de revestimiento (grava-arena y arcilla en proporción 5:1) sin compactar, de diez centímetros de espesor, sobre una capa subrasante (arena fina poco limosa, no compactada de diez centímetros).

3ª. Material de revestimiento (grava-arena y arcilla en proporción 5:1) sin compactar, de diez centímetros de espesor, sobre una capa subrasante (arena fina poco limosa, bandeada de 15 centímetros).

4ª. Material de revestimiento (grava-arena y arcilla en proporción 5:1) de 15 centímetros de espesor bandeado, sobre capa subrasante, también bandeada, de 15 centímetros.

5ª. Material de revestimiento (grava-arena y arcilla en proporción 5:1) de diez centímetros de espesor estabilizado con cemento Portland, sobre capa subrasante arenosa de 15 centímetros, también bandeada.

Después de ocho años de efectuados los trabajos, se efectuaron observaciones al tramo las cuales permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

- La introducción de una capa subrasante arenosa, de transición entre las terracerías plásticas y el revestimiento, mejorará en forma sustancial el comportamiento de la superficie de rodamiento, sobre todo si ambas capas tienen un proceso de acomodo —bandeado o compactación.

- La estabilización de materiales grava-arena-finos, con cemento Portland, originará superficies de rodamiento de muy buena calidad, al evitar que el material inerte sea desalojado hacia el centro o las orillas de la vía.

Caso 5. Pruebas de laboratorio en el estado de Puebla

El camino rural La Aurora-E. C. (Hueyapan-Presa Atexcaco) se localiza en la Sierra Madre Oriental, entre los estados de Puebla y Veracruz. La zona tiene una precipitación pluvial muy alta y materiales para la formación de terracerías constituidos principalmente por arcillas de mediana a alta plasticidad.

Los materiales de calidad aceptable para ser utilizados como revestimiento son escasos.

Ahí se construyeron 12 secciones de prueba en las que se hizo una amplia combinación de materiales estabilizados con cal y cemento Portland para ser usados como capa subrasante y superficie de rodamiento.

Las conclusiones fueron las siguientes:

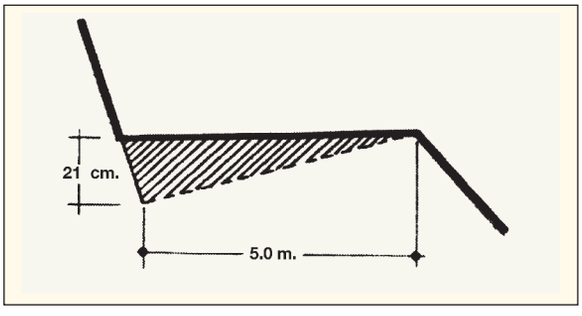
- El espesor promedio de la capa de revestimiento tradicional de 20 centímetros puede reducirse a diez centímetros, si la última capa de las terracerías, en un espesor de 15 centímetros se estabiliza con cal o cemento, lo cual equivale a construir una capa subrasante estabilizada.
- La vida útil del revestimiento tradicional resulta de una tercera a quinta parte respecto de la vida útil de los materiales del lugar estabilizados con cal o cemento.
- No obstante, se debe tener especial cuidado de que los materiales estabilizados con cal o cemento no contengan materia orgánica, ya que su presencia disminuye la acción de la cal o del cemento.
- Los materiales granulares que contengan arcilla y que sean estabilizados con cal o cemento tienen un comportamiento satisfactorio cuando se utilizan como superficie de rodamiento.
- Los costos de construcción se reducen en forma considerable al usar materiales granulares con finos o finos plásticos estabilizados con cal o cemento, en proporciones que van del 5 al 10%.

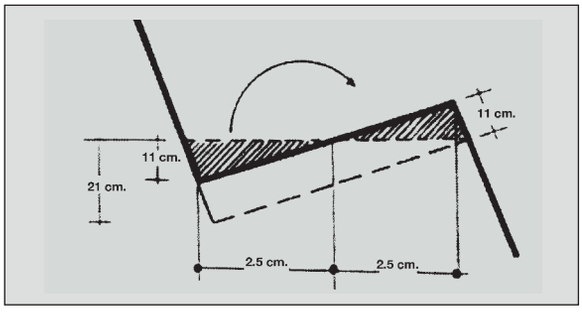
Caso 6. Utilización de arcillas calcinadas en los estados de Sonora y Tabasco

La estabilización con cemento o cal tiene la desventaja de que, en ocasiones, los recursos para la adquisición de esos materiales de origen industrializado es limitada. Por ello, se realizaron estudios y tramos de prueba para estabilizar materiales arcillosos del lugar mediante su calcinación.

Para la calcinación fue necesario construir hornos en la zona de influencia del camino, y el producto cumplió con la normativa relacionada con el desgaste, a fin de no fabricar material deleznable cuya duración resultara menor a la del revestimiento tradicional.

Una vez que los ladrillos obtuvieron la dureza necesaria, se cementaron con arena arcillosa, caliche o





silicatos para impermeabilizar la capa; obteniéndose mejores resultados cuando el material calcinado se colocaba sobre una capa de material del lugar estabilizado con cal.

Con este procedimiento se redujo el espesor de la capa de revestimiento.

Caso 7. Estabilización de terracerías con cal o cemento en materiales no cohesivos

Este procedimiento se utilizó en zonas donde escaseaba el material adecuado para revestimiento, por ejemplo en terreno montañoso con lluvias intensas todo el año.

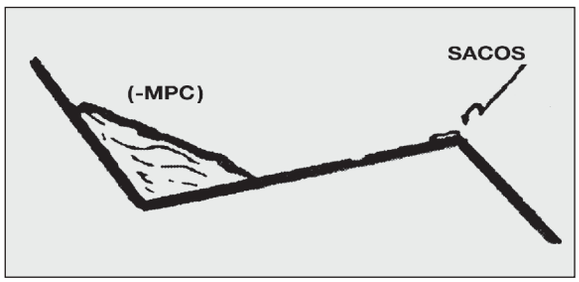
Además, cuando la capa de revestimiento se contaminaba e incrustaba en las terracerías debido a la filtración del agua de lluvia a través del revestimiento, originaba una disminución considerable de su resistencia.

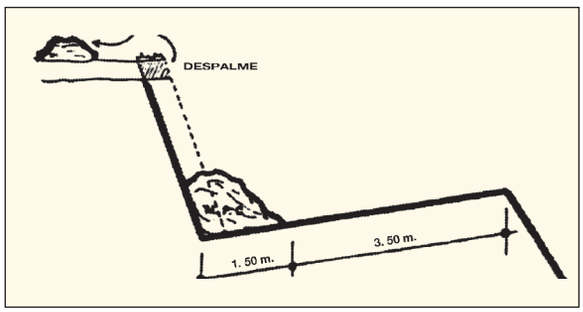
Las secciones del camino, ubicadas 90% en corte, se perfilaron con un tractor pequeño en virtud de que uno grande se atascaba continuamente por el contenido orgánico y el estado blando de la arcilla.

Para dosificar el cementante se colocaron los sacos de 25 kilogramos de cal o de 50 kilogramos de cemento, a una distancia calculada de antemano, de acuerdo al porcentaje en peso del proyecto y se esparcieron de manera transversal.

Se agregó agua para hacer la mezcla —correspondiente a la humedad natural de un material prácticamente saturado por la lluvia de la noche anterior. En ocasiones, se trabajó bajo la lluvia mezclando o compactando con pisones hechos con troncos de madera del lugar.

Los jornaleros, con la ayuda de estacas niveladas y cordeles o cuerdas, participaron en la construcción de una cuneta tipo badén y con pico y pala le dieron al tramo la pendiente de 5%.





Caso 8. Estabilización con cemento de la capa subrasante en el camino La Aurora-E. C. (Hueyapan-Presa Atexcaco)

Procedimiento:

- Se escarificaron 21 centímetros del lado del corte para terminar en cero en el hombro exterior.
- Se construyó la sección transversal llevando el material hacia el hombro exterior.
- Del lado del corte se extrajeron once centímetros y a 2.5 metros del eje se suspendió la extracción, depositando el material en la mitad exterior a fin de formar una cuneta tipo badén.
- En la franja de un metro junto al corte fue esparcido un saco de cemento a cada tres metros. En los cuatro metros restantes, un saco de cemento a cada 1.5 metros.
- Se mezcló homogeneizando lo más posible.
- Se conformó la corona tipo "cuneta badén".
- Se compactó al 90% de peso volumétrico seco máximo (PVSM).

Caso 9. Estabilización con cemento del revestimiento en el camino La Aurora-E. C. (Hueyapan-Presa Atexcaco)

Procedimiento:

- Se retiró el material de despalme que fue necesario.
- El material producto del corte (MPC) de las paredes del mismo o de la parte superior se utilizó como revestimiento.

- El material de corte se colocó a lo largo del corte, en una franja menor de 1.5 metros de ancho.
- Los sacos de cemento en los tramos quedaron esparcidos centro a centro, sobre el hombro frente al material de corte.

Tramo	Espaciamiento (cm)
4	0.75
5	1.50
6	1.10

- Los sacos de cal quedaron espaciados a veinticinco centímetros centro a centro.
- El tendido se efectuó con tractor o motoconformadora, formándose una capa de 13 centímetros de espesor del material de corte, de cuatro metros de ancho, dejando libre un metro de la cuneta.
- Se esparció la cal o el cemento sobre la capa de revestimiento.
- Se efectuó la mezcla con rastra de discos, homogeneizándola lo más posible.
- Se compactó al 90% del peso volumétrico seco máximo.

El control de calidad correspondiente estuvo a cargo del ingeniero José A. González Marañón, jefe de la Unidad de Laboratorios del Centro SCT Puebla, que en 1981 efectuó las pruebas siguientes:

- Obtención del peso volumétrico seco máximo de acuerdo a la granulometría.
- Pruebas de clasificación: granulometría, límites de Attenberg, contracción lineal y Porter estándar (VRS y expansión).
- Grado de compactación en cada una de las secciones.

Resultados:

Contracción lineal	6%
Límite líquido (LL)	61%
Índice plástico (IP)	18%
Límite plástico (LP)	43%
% Finos	47%
% que pasa malla núm. 4	100%
Clasificación SUCS	mh

Bibliografía

Normas de Supervisión para la construcción de caminos rurales. México, SCT, 1986.

Normas para muestreo y prueba de materiales equipos y sistemas. Parte carreteras y aeropistas. Títulos terracerías, estructuras y obras de drenaje y pavimentos. México, SCT, 1987.

Normativa para la infraestructura del transporte. Métodos de muestreo y prueba de materiales. Manuales MMP-4.05 materiales para pavimentos. México, SCT, 2000.

CAPÍTULO X. ***Tecnología***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO X. ***Tecnología***

Los procedimientos constructivos de infraestructura vial con empleo intensivo de mano de obra local no fueron del agrado general de las empresas dedicadas a la realización de obras públicas, generalmente por contrato.
En su inicio, el mejoramiento de brechas y la construcción de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra se enfrentaron a fuertes cuestionamientos, ya que se argumentaba que el objetivo de dar empleo a los habitantes del medio rural era una acción paternalista.
Se desató una lucha intelectual acerca de cuál tecnología convenía aplicar.
El capítulo considera algunos aspectos del desarrollo tecnológico, sustentando las bases de la tecnología apropiada o intermedia, y exponiendo consideraciones a favor y en contra de las tecnologías alternativas de uso preferencial de mano de obra y de equipo tradicional.
Incluye ejemplos que ilustran el acierto en la aplicación de la tecnología intensiva en mano de obra para el caso de la red de caminos rurales en México.

X.I **GENERALIDADES**

La tecnología y la innovación o el desarrollo tecnológico juegan un papel importante en el crecimiento económico del país.

X.1.1 **La tecnología como producto y como actividad**

La tecnología, al igual que la ciencia, puede considerarse como producto o actividad. Como producto, es un conjunto de conocimientos que permite producir un cierto artículo, o la forma de proporcionar un determinado servicio o desarrollar un proceso específico.

La tecnología como actividad es la ciencia, la ingeniería y la creatividad que se ponen en juego en la solución de problemas técnicos. Es el resultado de una serie de etapas contenidas en lo que se denomina "innovación tecnológica".

X.1.2 **Innovación Tecnológica**

La innovación tecnológica es un proceso que se origina con la concepción de una idea básica, misma que se convierte en incentivo de etapas intermedias, tales como la determinación de la factibilidad de em-

plear mano de obra campesina en la construcción de caminos rurales, y la realización de tramos de prueba para la estabilización de terracerías y revestimientos.

X.1.3 **Proceso de innovación tecnológica**

En el proceso de innovación tecnológica es posible identificar diferentes tipos de investigación: básica, aplicada y tecnológica. Esta última se denomina "desarrollo tecnológico".

Investigación básica. Involucra actividades de descubrimiento, predicción, comprensión y explicación de los procesos existentes.

Investigación aplicada. Tiene su base en conceptos específicos, con el fin práctico de satisfacer una necesidad concreta.

Desarrollo tecnológico. Consiste en la adaptación sistemática de los resultados obtenidos con la investigación aplicada, complementados con conocimientos empíricos.

Adaptación tecnológica. Si "adaptar" significa "conocer", "comprender" y "manejar" el universo, la piedra angular en la adaptación de tecnología consiste en la capacitación y la investigación.

Para que la adaptación de tecnología, la aplicación de la adecuada y la conservación de la capacidad de decisión tengan éxito se requiere que cada institución, entidad o dependencia desarrolle proyectos piloto completos, que abarquen desde la etapa de planeación y estudios de factibilidad hasta sus últimos detalles, tal como lo indicara el ingeniero Alfonso Rico Rodríguez en su ponencia "Adecuación de Tecnología a las Necesidades Nacionales" presentada en la Reunión Latinoamericana sobre Tecnología, celebrada en México, en 1981. Con base en ese trabajo, se desarrolló este inciso.

La adaptación de tecnología tiene que hacerse tomando en cuenta las condiciones sociales, económicas y ambientales de la sociedad donde se desea efectuar la adecuación.

Adaptación tecnológica a condiciones sociales. Por lo general, la experiencia tecnológica proviene de países cuyas condiciones sociales son diferentes a las del propio.

El desarrollo debido a la mayor utilización de la tecnología tiende a producirse en los países de mayor avance tecnológico y económicamente más poderosos.

Así, numerosos criterios ingenieriles que generan normas, técnicas de conducta y diversas correlaciones experimentales, tienen que ser adaptados a las condiciones sociales propias.

En forma especial el aspecto en que las condiciones sociales tienen un reflejo mayor en la tecnología de cada nación se refiere a las metas del proyecto y al nivel de servicio que se le asigne, estrechamente ligado a la problemática social que cada país tiene que resolver.

Por ejemplo, los objetivos de la comunicación terrestre tienen que plantearse en función de la problemática social, la distribución de la población y sus hábitos de trabajo, entre otros.

No obstante, en la realidad se trata de que el aula, el centro de salud, la vivienda y la alimenta-

ción, entre otros satisfactores, lleguen antes a las pequeñas comunidades rurales que guardan una vida económica deficiente y están asentadas en espacios geográficos difíciles, generalmente mon tañosos y dispersos.

Por lo anterior, esas condiciones deben repercutir en las características técnicas de los caminos que se construyan, a fin de que esa repercusión no consista en la utilización de criterios inadecuados que lleven a la realización de vías de calidad dudosa.

Adaptación tecnológica a las condiciones económicas. Los factores económicos tan diferentes entre países son otra fuente importante de necesidades de adaptación tecnológica.

Un ejemplo de esto es la tendencia a la mecanización en la industria de la construcción en naciones donde la mano de obra es cara, cuyos criterios deben ajustarse, por fuerza, en los países donde la mano de obra es abundante y barata.

Adaptación tecnológica a condiciones ambientales. El ejemplo más claro en este aspecto de adaptación se tiene en los criterios ecológicos asociados a la construcción de vías terrestres, procedentes —en su mayoría— de lugares con el uso sistematizado de reglas contra la erosión y que se aplica con resultados negativos o aún catastróficos en regiones donde el ambiente natural está menos protegido.

X.2 **DESARROLLO TECNOLÓGICO**

El proceso de desarrollo tecnológico debe considerar, en primer término, la concesión a los investigadores de la autoridad necesaria a fin de que decidan, dirijan, controlen y supervisen los estudios, apoyados en la capacidad instalada de la institución, entidad o dependencia.

Este proceso tendrá su punto de partida en la detección de los estudios especiales realizados o que se efectúen en el país, haciendo el seguimiento adecuado de los mismos.

X.2.1 **Investigación tecnológica en la SCT**

Una de las primeras áreas de investigación fue la relativa a la "compactación de terracerías", al aplicar la "Prueba Porter modificada", utilizada en el proyecto de pavimentos.

Para la solución de problemas de mecánica de suelos en la construcción de puentes en el sureste del país, se realizaron estudios cuidadosos complementados con pruebas de carga y la aplicación de modelos en el laboratorio. De esa manera, se conocieron las propiedades de los cruces cercanos a la desembocadura de ríos caudalosos, como el Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva, con gruesos mantos de materia orgánica y depósitos fluviales recientes.

La construcción de terracerías sobre terrenos sumamente compresibles, como los de la ciudad de México, u orgánicos, como los del sureste del país, permitió la observación de modelos a escala natural, tales como los terraplenes de prueba en el Lago de Texcoco, proyectados para ser construidos apro-

vechando el bajo peso volumétrico de las cenizas volcánicas existentes en el área y que posteriormente condujeron a la construcción de un cuerpo de terraplén totalmente compensado en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Para la estabilización de laderas se estudiaron y aplicaron con éxito drenes y trincheras, especialmente en el camino Tijuana-Ensenada.

A partir de la creación del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el año de 1956, algunos de los estudios realizados por el mismo para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en materia de caminos rurales, se muestran en el cuadro que sigue:

Instituto de Ingeniería UNAM **Estudios de caminos rurales**
Proyecto de especificaciones geométricas para caminos de bajo costo. Metodología de evaluación de proyectos de caminos de penetración, Partes I, II y III.
Manual de drenaje transversal para caminos de bajo costo. Puentes estándar para caminos de penetración.
Modelo de funcionamiento hidráulico del puente sobre el río Sextín, en el estado de Durango. Metodología para la planeación de caminos rurales.
Metodología para determinar los factores que inducen al desarrollo de la zona de influencia de un camino. Modelo a escala natural de un puente con plataforma móvil.

X.3. **TECNOLOGÍA INTERMEDIA EN CAMINOS RURALES**

X.3.1 **¿Qué se entiende por tecnología intermedia?**

El estudio *Caminos y mano de obra* que la Secretaría de Obras Públicas efectuó en 1976 tuvo como fin determinar la técnica de costo mínimo o intermedia, bajo varias condiciones económicas y físicas. Esto es deseable, ya que los caminos de mano de obra se construyen en todas las regiones del país.

Las características económicas y físicas de estas regiones son muy variables, por lo que se consideraron dos técnicas alternativas: el nivel uno con uso intensivo de mano de obra y el nivel dos que usa intensivamente maquinaria. En algunos casos se consideró maquinaria con capacidades alternativas.

El criterio usado para la optimización fue el costo mínimo.

El programa de caminos rurales alentó a los técnicos mexicanos a buscar soluciones prácticas, a fin de comunicar a las comunidades e integrarlas al desarrollo del país, mediante el empleo de técnicas que permitieran dar solución a los problemas, a la vez que propiciaran la utilización de los recursos locales, como la mano de obra y, cuando fuera necesario, recurrir al uso de maquinaria.

La decisión de aplicar una u otra alternativa se tomó con base en una serie de factores técnicos, sociales y económicos, tales como el volumen y tipos de materiales por mover, las características geológicas de los suelos, la existencia de equipo en la zona donde se ubicaba el camino, el nivel de salarios en la misma y la oportunidad de establecer la comunicación.

El resultado del análisis de esas condiciones determinó la tecnología a utilizar.

Una y otra alternativa generaron argumentos a favor y en contra, algunos de los cuales se exponen a continuación.

Consideraciones a favor del uso intensivo de capital

- Las máquinas se inventaron para ayudar al ser humano, por lo que la construcción se debe apoyar en ellas, principalmente cuando las condiciones del terreno y el volumen de material por mover así lo requieren.
- Los trabajos se realizan con mayor rapidez, lo que propicia una mejor y oportuna respuesta a las demandas de comunicación.

- Como las actividades son efectuadas por personal especializado —los operadores— los empleos generados son de tipo permanente.
- Se desarrollan trabajos de mayor calidad, lo que redunda en un mayor promedio de vida útil de las obras, con los consiguientes beneficios en cuanto a operación y mantenimiento.

Argumentos en contra del uso intensivo de capital

- El uso indiscriminado de equipo significaba dependencia o supeditación tecnológica y consecuentemente fuga de divisas.
- El equipo y sus componentes y/o refacciones se producían en su mayoría en el extranjero, por lo que se suscitaban dos situaciones: o se tenía que adquirir la chatarra que desechaban los países de economías desarrolladas, o se imponían a la industria de la construcción mexicana los modelos existentes en el mercado, sin correspondencia con las necesidades por atender, ni en el aspecto económico ni en el técnico, o sea que tendrían "modelos sobrados" para una economía en desarrollo como la de México.
- El uso de maquinaria desplazaba fuerza-hombre, lo que hacía más crítica la situación económico-social del país.
- Se tenía la necesidad de conservar el personal especializado que operaba las máquinas, aún cuando la maquinaria no se encontrara trabajando, con el consiguiente desperdicio de recursos.
- El mantenimiento mayor del equipo también requiere de personal especializado.
- El traslado del equipo al lugar de la obra requiere de vehículos especiales lo cual significa un cierto costo y tiempo. Cuando el acceso al sitio es accidentado, ambos términos se incrementan en forma significativa.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (ocde). Según la periodista Lilia Chacón, en el periódico *Reforma*, "la sumisión tecnológica de México es de tal nivel, que es el principal comprador de propiedad industrial de los Estados Unidos de América en América Latina, con 36.9% de las compras de la región".

De acuerdo a datos del INEGI, del 2000 al 2005 la balanza comercial de tecnología de México registraba una variación negativa de 426%, al pasar de un déficit de 363.6 millones de dólares a 1 913 millones.

Por esta subordinación, el país tiene que pagar al exterior derechos de propiedad industrial o comercialización de técnicas, prestación de servicios con algún contenido técnico, pago por servicios intelectuales, como son compras y uso de patentes, marcas registradas, modelos y diseños, así como servicios de investigación y desarrollo experimental de las empresas.

Aún más, la UNESCO afirma que "en México, la proporción de científicos e ingenieros por millón de habitantes, arroja una cifra de apenas 213".

Las comparaciones son odiosas pero esclarecedoras: los socios de México en el Tratado de Libre Comercio para América del Norte tienen una relación de 4 013 los Estados Unidos de América y de 3 091 Canadá.

Otro aspecto que prueba el estancamiento tecnológico es el relacionado con la conectividad de Internet.

Dice acertadamente Andrés Oppenheimer que "Así como en el pasado los países necesitaban carreteras y puentes para exportar sus productos, en la actualidad también necesitan una buena infraestructura de Internet para ser más competitivos en la economía global".

En este renglón, el *ranking* de 2008 del Foro Económico Mundial muestra que México descendió del lugar 49 al 58.

Consideraciones a favor del uso intensivo de mano de obra

- Se generan de cinco a seis veces más empleos que con el uso de maquinaria, con lo que se contribuye a disminuir el índice de desempleo o subempleo existente en el medio rural.
- Al costo directo e indirecto de las obras habría que agregar el costo social o costo sombra, ya que los caminos permiten que las comunidades obtengan otros beneficios de tipo social.
- Se produce una derrama económica vía empleo estacional, que propicia la distribución más equitativa de la riqueza entre los distintos sectores de la sociedad.
- Al contar con un ingreso extra, los habitantes del medio rural tienen la posibilidad de obtener algunos artículos de origen industrial.
- La metodología lleva implícito un sentido de identificación o de propiedad hacia la obra por parte de los jornaleros y de todos los beneficiarios de la misma.
- El trabajo manual produce resultados de igual o mejor calidad que la mecanización. Uno de los ejemplos más notables se tiene en las obras de arte calificadas así por su magnífico acabado.

Argumentos en contra del uso intensivo de mano de obra

- Los empleos que se generan son temporales o estacionales.
- Al no otorgar prestaciones sociales, los empleos no lo son, de acuerdo con los tratados internacionales en materia de trabajo y previsión social.
- La calidad de los trabajos es inferior a la que se obtiene cuando se usa equipo de construcción, lo cual acorta la vida útil de los caminos y se incrementan los costos de conservación.
- La existencia de una tecnología técnica, como el capital, y no utilizarla, significa cierto retroceso y desperdicio de recursos.
- Los sistemas de remuneración económica para los jornaleros son inflacionarios.
- Se fomenta el paternalismo de las instituciones gubernamentales hacia los habitantes del medio rural.
- Su eficiencia es relativa y condicionada, ya que las herramientas que utiliza la mano de obra es rudimentaria y únicamente puede ser empleada eficazmente ante la presencia de materiales suaves o semi duros.

X.4 **EJEMPLOS DE TECNOLOGÍA APROPIADA EN CAMINOS RURALES**

Con el doble objetivo de mejorar los procedimientos constructivos y de disminuir los costos de conservación, el personal técnico a cargo de la realización del programa de caminos rurales en sus diferentes etapas, buscó y en ocasiones encontró la solución ade-

cuada para la zona donde se localizaba el camino.

A continuación se relatan algunos ejemplos de procedimientos de construcción con tecnología apropiada.

Caso 1. Aplicación del cloruro de calcio en estado sólido para estabilizar terracerías y revestimientos

Con base en el criterio de cubrir las terracerías con una capa, en estado suelto, de revestimiento, se espera que la acción del tránsito le proporcione algún acomodo o una relativa compactación. Sin embargo, en temporada de secas, la acción del tránsito de los vehículos y el viento remueven los finos fuera de la sección del camino, originando que al poco tiempo el revestimiento tenga una granulometría defectuosa.

Por otra parte, el estado suelto de los materiales hace incómodo el tránsito sobre la superficie de rodamiento.

Cuando se presentan las lluvias, una parte del revestimiento suelto se deposita en las cunetas, y las azolva al grado de que el agua tiene que correr sobre el camino, produciendo deslaves que reducen su sección. A la pérdida de finos se agrega la de los tamaños mayores, por lo que los daños requieren su reparación inmediata.

El procedimiento tradicional consiste en utilizar una motoconformadora para recuperar el material de las cunetas y conformar la superficie de rodamiento. Lo anterior origina que con cada pasada de la máquina se reduzca el espesor de la capa original del revestimiento, y termina siendo necesario reponerla mediante recargas de material de banco.

Las observaciones efectuadas indican que en caminos de terracerías o revestidos, la superficie de rodamiento tiene un mejor comportamiento si está ligeramente húmeda, deteriorándose en forma notable cuando se encuentra seca.

Una solución al problema anterior se encontró en el tratamiento de los suelos con sales que absorban el agua de la atmósfera, a fin de mantener la humedad que necesitan los revestimientos. El producto químico que reúne esas características es el cloruro de calcio, y para aplicarlo se seleccionaron caminos localizados en zonas de baja precipitación pluvial y suelos formados por limos arcillosos poco cohesivos.

El ingeniero Feliciano López Ibáñez, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Michoacán, efectuó la aplicación de cloruro de calcio para la consolidación del camino Etúcaro-Los Nogales, en 1985. A su vez, el ingeniero, Marco Antonio González González, residente General de caminos Rurales en el Centro SCT Nuevo León, utilizó en ese mismo año de 1985 el cloruro de calcio para estabilizar la capa del revestimiento en numerosos caminos.

En el estado de Coahuila se tienen caminos rurales con longitudes mayores de 200 kilómetros y un gran porcentaje sobrepasa los 20 kilómetros, por lo que es muy lento el entrar y salir de una comunidad. Además, el tránsito produce un desgaste anual promedio en la capa de revestimiento de tres a cinco centímetros.

En la búsqueda de procedimientos alternos, en el 2000 se inició la estabilización de la superficie de rodamiento mediante la aplicación de cloruro de calcio.

Estabilización del revestimiento en caminos rurales del estado de Coahuila		
2001	540.6	11%
2002	749.0	16%
2005	Toda	100%

De este modo se evitaron las roderas longitudinales y las ondulaciones transversales al camino; se redujo el desgaste de la capa de revestimiento a 0.5 a 1.0 centímetros; disminuyó la presencia de polvo y la necesidad de recargues de material para su conservación, según lo asentado por la ingeniera Alejandrina Martínez Macías, residente general de Caminos Rurales y Alimentadores del Centro SCT Coahuila, en su ponencia "Protección de la superficie de caminos

revestidos con cloruro de calcio", presentada en la Reunión Nacional de Vías Terrestres.

Propiedades del cloruro de calcio

- Higroscópico. Absorbe humedad de la atmósfera y la retiene.
- Delicuescente. Se disuelve en el agua que absorbe de la atmósfera, formando una solución que difícilmente se evapora.
- Las soluciones de cloruro de calcio en agua tienen un punto de congelación hasta de 43°C bajo cero y son 25% más pesadas que el agua.

Forma en que actúa el cloruro de calcio

Una vez esparcido sobre la superficie de rodamiento, el cloruro de calcio actúa de la siguiente forma:

- Al licuarse, penetra y cubre los materiales finos con una película húmeda, delgada, muy fina, que con su fuerza ayuda a los materiales a obtener mayor densidad bajo la energía de compactación.
- La efectividad del cloruro de calcio se obtiene cuando los materiales por tratar contienen finos en un 10% como mínimo, debido a que sólo tiene acción sobre ellos.
- La ligera humedad que proporciona el cloruro de calcio al material fino actúa como lubricante sobre las partículas y las hace tener posiciones más estables bajo los efectos del tránsito.
- Por lo tanto, los suelos se consolidan en función del tiempo. Los finos conservados con humedad actúan como cementante sobre los gruesos, evitando el reacomodo de estos materiales.
- La presencia del cloruro de calcio durante la compactación causa algunos cambios en la estructura de las partículas finas, que se reflejan en un aumento de la densidad máxima del suelo, para un esfuerzo de compactación constante, y en el valor relativo de soporte del mismo.

El procedimiento permite tener un material más resistente con el mismo esfuerzo de compactación, además de que la consolidación de la estructura se mantiene por el aumento de la densidad seca de los materiales que la constituyen.

La dosificación del cloruro de calcio varía de acuerdo a la cantidad de material fino que contenga el revestimiento; a su granulometría, así como a la intensidad del tránsito.

Dosificación del cloruro de calcio de acuerdo a la composición granulométrica

Aplicaciones	Ancho (m)	Textura abierta	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	0.820 0.820 0.820	2.87 3.28 3.69
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.540 0.540 0.540	1.89 2.16 2.43
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.270 0.270 0.270	0.95 1.08 1.22

Dosificación del cloruro de calcio de acuerdo a la composición granulométrica			
Aplicaciones	Ancho (m)	Textura media	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.0 1.0 1.0	3.50 4.00 4.50
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.660 0.660 0.660	2.31 2.64 2.97
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.330 0.330 0.330	1.16 1.32 1.49

Dosificación del cloruro de calcio de acuerdo a la composición granulométrica			
Aplicaciones	Ancho (m)	Textura cerrada	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.2 1.2 1.2	4.20 4.80 5.40
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.8 0.8 0.8	2.80 3.20 3.60
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.4 0.4 0.4	1.40 1.60 1.80

Dosificación del cloruro de calcio en proporción a la intensidad del tránsito			
Aplicaciones	Ancho (m)	0-100 veh/día	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	0.820 0.820 0.820	2.87 3.28 3.69
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.540 0.540 0.540	1.89 2.16 2.43
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.270 0.270 0.270	0.95 1.08 1.22

Dosificación del cloruro de calcio en proporción a la intensidad del tránsito			
Aplicaciones	Ancho (m)	100-250 veh/día	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.0 1.0 1.0	3.50 4.00 4.50
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.660 0.660 0.660	2.31 2.64 2.97
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.330 0.330 0.330	1.16 1.32 1.49

Dosificación del cloruro de calcio en proporción a la intensidad del tránsito			
Aplicaciones	Ancho (m)	250-500 veh/día	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.2 1.2 1.2	4.20 4.80 5.40
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.8 0.8 0.8	2.80 3.20 3.60
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.4 0.4 0.4	1.40 1.60 1.80

Dosificación del cloruro de calcio en proporción a la intensidad del tránsito			
Aplicaciones	Ancho (m)	500 o más veh/día	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.40 1.40 1.40	4.90 5.60 6.30
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.92 0.92 0.92	3.22 3.68 4.14
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.46 0.46 0.46	1.61 1.84 2.07

Dosificación del cloruro de calcio en estado sólido y líquido			
Aplicaciones	Ancho (m)	Escamas al 70%	
		kg/m²	ton/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	0.816 0.816 0.816	2.45 2.86 3.27
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	0.544 0.544 0.544	1.63 1.90 2.18
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.272 0.272 0.272	0.82 0.95 1.09

Dosificación del cloruro de calcio en estado sólido y líquido			
Aplicaciones	Ancho (m)	Líquido 38% - 40%	
		lt/m²	m³/km
Primera aplicación	3.50 4.00 4.50	1.5 1.5 1.5	4.50 5.25 6.00
Segunda aplicación	3.50 4.00 4.50	1.0 1.0 1.0	3.00 3.50 4.00
Tercera aplicación y sucesivas	3.50 4.00 4.50	0.5 0.5 0.5	1.50 1.75 2.00

Procedimiento:

- Se debe aplicar por lo menos una vez al año, de preferencia después de la temporada de lluvias a fin de acelerar la delicuescencia del cloruro.
- Efectuarlo por la tarde, cuando no haya amenaza de lluvia y de la manera más uniforme posible.
- Los métodos mecánicos recomiendan el uso de esparcidoras de arena —areneros—, equipos agrícolas para esparcir grano y camión de volteo con tapa para tirar sello.
- La forma manual consiste en colocar los sacos a una distancia previamente determinada; abrirlos y esparcir su contenido con pala sobre el área tributaria que le corresponda a cada saco.
- Condiciones climatológicas como la lluvia no afectan la conservación del cloruro en el terreno.
- Cuando llueve se saturan las capas superiores y la solución de cloruro de calcio penetra aún más en el terreno, dejando en la superficie el exceso de agua.
- En el caso de que se requiera la nivelación de la corona del camino con mezcla a base de cloruro, se debe realizar después de una precipitación pluvial fuerte.

- Al volver el tiempo soleado, el agua de las capas superiores es la primera en evaporarse y la solución de cloruro inicialmente introducida hacia abajo, se devuelve a la superficie por capilaridad, recuperando su capacidad para mantener unidos los materiales de revestimiento.

Caso 2. Aplicación del cloruro de calcio en estado líquido al 38% en la conservación de caminos rurales

- El peso volumétrico del cloruro de calcio al 38% es de 1.4 toneladas por metro cúbico.
- El cloruro tiene la desventaja siguiente: altos costos de transportación debido a que los vehículos son especiales y las grandes distancias del lugar de producción a los de aplicación.

Procedimiento:

- Se efectúa el rastreo para corregir las irregularidades de la superficie.
- Utilizando una pipa se distribuye la solución a través de una barra perforada de 2.8 metros de ancho, regando el cloruro sobre la franja central.
- La longitud de la barra es suficiente para tratar caminos de un solo carril de tránsito.

Resultados:

- La penetración de la solución en el revestimiento es de 2.5 a 3.5 centímetros.
- La superficie de los tramos tratados se mantiene relativamente húmeda, aún después de 14 meses de su aplicación.
- Al transitar sobre los tramos tratados el polvo que se levanta es mínimo, en comparación con los caminos sin tratamiento.
- La superficie de rodamiento se mantiene en mejores condiciones a medida que pasa más tiempo de la aplicación o cuando se incremente el tránsito, en virtud de que la capa tratada aumenta su compactación por efecto de las cargas de los vehículos.
- En los revestimientos arcillosos se reducen los agrietamientos debido a la presencia constante de humedad.

Caso 3. Aplicación del cloruro de calcio en estado sólido en la conservación de caminos rurales

Procedimiento:

- El cloruro de calcio en forma de escamas al 70% es empacado en bolsas de 40 kilogramos, formadas por dos capas de papel y una intermedia de plástico, a fin de evitar la acción higroscópica antes de su utilización.
- Se recomienda dosificar el cloruro en escamas al 50% en la primera aplicación y 15 días después el 50% restante, procurando que la humedad relativa sea alta, o efectuar la operación por la tarde a fin de aprovechar la humedad del rocío nocturno.
- Sobre el revestimiento debidamente afinado se colocan las bolsas a la distancia requerida, de acuerdo a la dosificación por metro cuadrado.
- Dos o tres jornaleros rompen las bolsas con el cloruro y lo esparcen manualmente, con la ayuda de palas, de la manera más uniforme posible.
- A partir del esparcido, se inicia el proceso delicuescente pasando del estado sólido al líquido en tres o cuatro horas, en función de la temperatura y la humedad relativa del sitio de los trabajos.

Resultados:

- La superficie de rodamiento se mantiene húmeda y con cierta dureza.
- Disminuye el polvo que se levanta con el tránsito.
- Se proporciona más comodidad al usuario.
- Se reduce el daño a los motores automotrices vía costos de operación.
- La humedad superficial entre las partículas actúa como lubricante y las hace tomar posiciones más estables bajo la acción del tránsito.

- En regiones donde las épocas de estiaje son prolongadas, se reduce la pérdida de finos y la segregación de partículas gruesas.
- La necesidad de rastreos o recargues se difiere en comparación con los tramos sin tratamiento.

Caso 4. Uso de materiales no tradicionales para el revestimiento de caminos en zonas costeras

Ante la escasez de bancos de materiales de calidad aceptable para utilizarlos como revestimiento se buscaron opciones, en especial en los caminos a San Marcos y Santa Águeda, en el municipio de Mulegé, en la costa del Golfo de California.

La región donde se localizan los caminos en estudio, como la mayor parte del estado de Baja California Sur, es árida, con clima semidesértico, suelos de tipo sedimentario de origen marino en la zona plana cercana a la costa y basalto de origen volcánico en la región montañosa.

La presencia de suelos finos en la zona costera y suelos grandes en arroyos y zonas altas, con ausencia de conglomerados y tamaños intermedios apropiados, llevó al ingeniero Enrique Vázquez Utrilla, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Baja California Sur, a la decisión de emplear algún material que reuniera las características mínimas aceptables como revestimiento.

Por otra parte, la zona de influencia de los ramales mencionados es rica en estratos de conchuela y caracolillo, con un mínimo de despalme a flor de tierra.

La conchuela, en estratos de poco espesor: 30 a 40 centímetros, está formada por conchas de almeja con diámetro de tres a cuatro centímetros muy fracturable cuando está entera, debido a su forma cóncava. A medida que se reduce de tamaño, en fragmentos, es muy resistente por tender a la forma plana.

Al ser extraída la conchuela contiene materiales finos de tipo limoso que la confinan, la protegen del desgaste y la fracturan, formando con ella un material resistente, poco deteriorable con el tránsito y de aceptable terminado.

Procedimiento:

- El material se carga con trascavo.
- Se acarrea en camión volteo.
- Se tiende mediante una motoconformadora.
- Se pasa la plancha para triturarlo.
- Se incorpora humedad durante el tendido y conformado final.

La combinación conchuela-limo, por su condición calcárea, se amalgama y reacciona ante la presencia del agua, formando una carpeta sólida con poco desgaste y buenas condiciones de transitabilidad.

El ingeniero Ángel Sergio Dévora Núñez, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Baja California Sur, continuó aplicando el procedimiento de utilizar materiales no tradicionales que permitieran solucionar el problema económico que significaba continuar formando la capa de revestimiento de los caminos rurales con materiales pétreos provenientes de bancos situados a grandes distancias del lugar donde se tenían que colocar.

Caso 5. Procedimiento de construcción de caminos rurales en zonas de inundación del estado de Tabasco

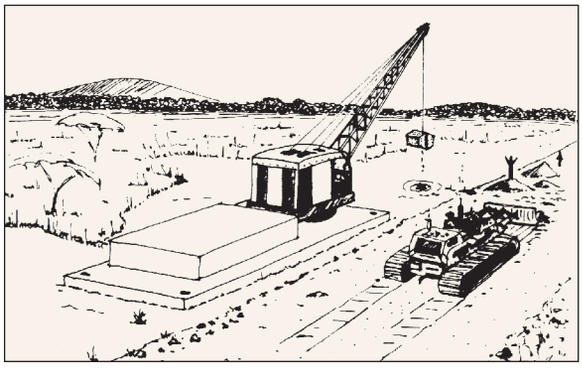
Gran parte del territorio del estado de Tabasco forma la planicie costera del Golfo, cuyo suelo está integrado por formaciones sedimentarias marinas y depósitos de origen aluvial.

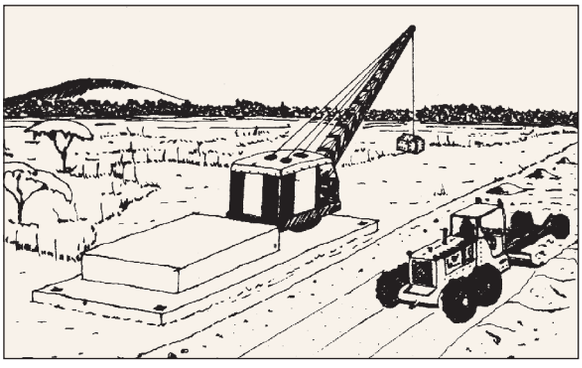
El clima es tropical, con temperatura media anual de 25°C; llueve gran parte del año, con precipitaciones medias anuales de 850 mm y máximas de 3 000 mm.

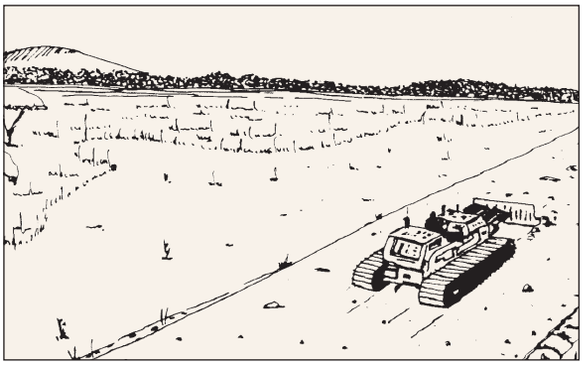
El proyecto del camino debe evitar en lo posible que su localización se encuentre sobre terreno inestable, desde el punto de vista de la capacidad de carga. Sin embargo, en la zona descrita existen grandes superficies con frecuencia inundadas que son zonas de cruce obligado.

Procedimiento:

- Se desmonta el área donde quedará alojado el camino, procurando no despalmar. Esa capa superficial se utiliza como plantilla del cuerpo del terraplén, formando una especie de "entretejido" o "entramado".
- Con el empleo de una draga montada sobre una tarima de madera, producto del desmonte, y colocada a una distancia de dos a cuatro metros de la línea de los ceros, se extrae el material de préstamo vaciándolo sobre la cama del camino mediante un giro de 180°.
- No se explota un banco único para este procedimiento para no incrementar los costos.
- A fin de hacerlo trabajable, el material acamellonado se deja drenar un tiempo razonable, pero variable, de acuerdo a sus características y a las condiciones del lugar.
- En ocasiones se requiere orearlo, abriendo surcos o volteándolo con la cuchilla de un tractor.
- El material se extiende en una capa variable de 30 a 40 centímetros de espesor, bandeándolo con pasadas de tractor para obtener grados de compactación de 85 a 90% de su peso volumétrico seco máximo.
- Si el terreno es arcillo-limoso es factible el uso de equipo pata de cabra.
- Se extiende la siguiente capa hasta el nivel de subrasante y con una motoconformadora se procede a dar la afinación y el bombeo de 2 a 3%.
- De acuerdo a los niveles que alcance el agua de inundación, se construye una o varias capas.
- Con el material en greña procedente de préstamo, se tiende una capa de 20 centímetros de espesor encima de la anterior.
- Se agrega material graduado de banco en la cantidad necesaria hasta formar la capa de revestimiento de 12 a 15 centímetros de espesor.
- Cuando el terreno natural tiene pendiente transversal, los préstamos deben realizarse aguas abajo de la estructura del camino.
- Entre la línea de ceros y la excavación del préstamo lateral, se construye una berma como apoyo a la estabilidad del camino.
- En ocasiones el terraplén sirve de bordo de protección contra inundaciones, rescatándose grandes







zonas para el cultivo. De este modo el agua escurre paralela al camino hacia los puntos más bajos donde, por lo general, se construye una alcantarilla.

- En lo que se refiere al drenaje, según las pendientes y características físicas del terreno natural se construyen alcantarillas de tubo metálico de 90 centímetros de diámetro, a distancias promedio de 500 metros, que funcionan como vasos comunicantes.

Caso 6. Cimentación de terraplenes en suelos blandos o pantanosos en el estado de Campeche

En la construcción de los caminos Hecelchakán-La Costa, La Costa-Tenabo y El Remate-Punta Arenas se presentaron problemas debido a que el tipo de terreno está integrado por depósitos de turba muy blanda, desde su superficie hasta 4.5 metros de profundidad. Contiene, además, arena y raíces y su contenido de agua es prácticamente igual o mayor que el correspondiente a su límite líquido.

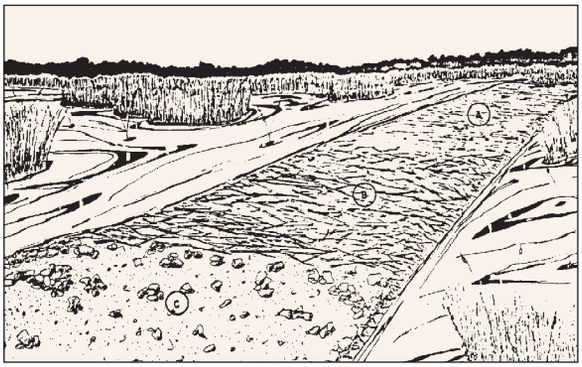
Lo anterior identificaba a un suelo en estado semilíquido, cuyo comportamiento podría ser el de un fluido viscoso. Sin embargo, en algunos casos se presentaba como un limo arenoso muy blando, con características de suelo plástico.

Los estudios realizados para el camino El Remate-Punta Arenas permitieron saber que a una profundidad de 4.5 a 5.0 metros se localizaba una capa limo—arenosa dura con conchuela; y que después de los cinco metros se identificaba un manto de roca caliza alterada de 50 centímetros de espesor.

Por ello, el ingeniero Santiago Mendiola Domínguez, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Campeche, recurrió al método que se describe a continuación.

Procedimiento:

- Limpiar y desyerbar el terreno.
- Tender ramas de mangle y troncos de árboles, sin separación, transversales al eje del camino hasta completar un espesor promedio de 30 centímetros a todo lo ancho del terraplén.
- La formación de las terracerías se efectuó con la colocación de rocas empacadas en capas de 80 centímetros de espesor, a fin de que el material fino no tuviera contacto con el agua, ya que el contenido de la misma con ese material provocaría un proceso de rebote en el mismo.
- Encima de la roca empacada se tendió el material de revestimiento.



- La madera de sustentación compuesta con mangle y la marimba de troncos permanecieron hundidas en el agua, para evitar el proceso de descomposición.

Caso 7. Construcción de terracerías en suelos blandos con mezcla arcilla roja-limo en el estado de Yucatán

El camino rural San Isidro Macyam-Entronque C. R. (San Felipe-Nohalal) atraviesa una zona de suelos orgánicos muy blandos (*akalché*).

Por otra parte, los materiales más abundantes son la arcilla roja (*kanlab*) y el limo (*kut*), inadecuados para ser utilizados en forma natural en la formación de la cama del camino.

Procedimiento:

- Se elaboraron tres mezclas con diversas dosificaciones de los materiales existentes.
- En la preparación de la mezcla, el limo y la arcilla estaban prácticamente secos. La proporción utilizada fue de 67% de limo y 33% de arcilla (dos partes del primero y una parte de la segunda).
- En la práctica, la mezcla se hizo en volumen, por lo que el proporcionamiento equivale a 60% de limo y 40% de arcilla (tres partes del primero y dos de la segunda).
- Una vez homogeneizada, se agregó agua hasta alcanzar la humedad óptima.
- La aplicación de la dosificación mencionada llevaba implícita la verificación en laboratorio de las condiciones de campo, las cuales debían tener propiedades físicas semejantes a las contenidas en el reporte correspondiente.

Resultados:

El ensaye de los materiales fue realizado por la Unidad General de Servicios Técnicos a cargo del ingeniero F. Solís Quintal, en 1985.

Valor relativo de soporte	20.6%
Expansión	0.9%
Valor cementante	7.1 kg/cm^2
Plasticidad:	
Límite líquido	25.3%
Límite plástico	17.4%
Índice plástico	7.9%

Caso 8. Confinamiento de materiales arcillosos del terraplén, con muros secos de mampostería

En caminos ubicados en zonas donde se producen inundaciones se ha recurrido a la construcción de muros de mampostería a fin de evitar el deslave de los materiales del terraplén, confinándolos.

La mezcla debe realizarse con materiales inertes para mejorar el arcilloso o construir una capa rompedora de capilaridad al nivel de aguas máximas ordinarias.

La capa rompedora de capilaridad tiene como función básica la de mantener las capas superiores con una humedad constante y baja, ya que la mezcla grava-arena bien graduada evita la capilaridad producida por los materiales arcillosos de las capas inferiores.

De lo contrario, si no se mantiene bajo control, la expansión de los materiales debido al aumento de la humedad afecta la capa de revestimiento, la que tenderá a perder su bombeo, originando encharcamientos y deslaves en la superficie.

Para el adecuado uso de la capa rompedora de capilaridad fue importante tomar en cuenta el nivel máximo ordinario del agua, porque si se colocaba debajo de ese nivel, se reduciría su efectividad.

Procedimiento:

- Se construyeron muros con boleos a ambos lados del camino con altura mayor de 60 centímetros.
- Se colocó una capa de material arcilloso compactada.
- Se formó una capa de grava-arena bien graduada, que funcionó como capa rompedora de capilaridad.
- Se colocó una tercera capa de material arcilloso, con bombeo lateral del 2% y compactada a humedad óptima.
- Se tendió la cuarta y última capa compuesta por material de revestimiento, cuidando que tuviera un buen bombeo lateral, enrasándola a la altura de los muros confinantes mediante su apisonado.

Resultados:

El promedio de vida útil en los caminos construidos con este procedimiento se incrementó con respecto a los que carecieron de una capa rompedora, además de que los gastos de conservación disminuyeron.

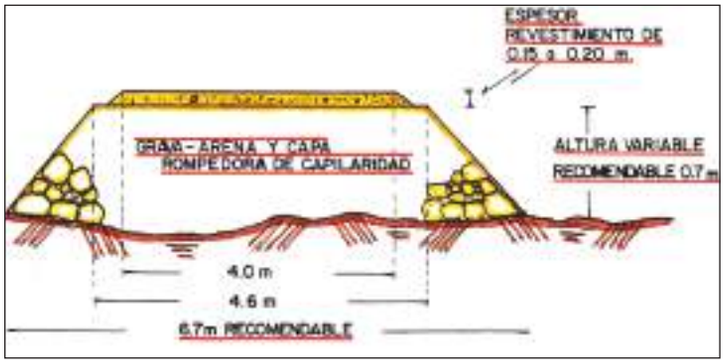
Caso 9. Terracerías de grava arena en caminos de penetración agrícola (zonas bajas y húmedas)

En el estado de Colima algunas regiones agrícolas se encuentran ubicadas en planicies, en las riberas de los ríos. En consecuencia, contienen humedad a poca profundidad que se incrementa durante la temporada de lluvias.

La existencia de arroyos y ríos facilita la localización de lechos de grava y arena cercanos a la construcción de caminos rurales. Por otra parte, la carencia de corrientes permanentes facilita la explotación de los bancos.

Procedimiento:

- Para alejar la superficie de rodamiento de los elementos naturales que la pudieran perjudicar, se levantó el nivel de rasante formando una sección de terraplén.
- Con lo anterior se diversificó además la solución a los problemas de drenaje transversal, en virtud de que se consideraron, entre otros factores, los canales de riego existentes.
- Para evitar la ascensión de humedad por capilaridad, se formó una capa rompedora de capilaridad a base de grava y arena.
- La formación de las terracerías tuvo un espesor promedio de 70 centímetros.
- El tiro se hizo a cada 1.5 metros de distancia, a razón de seis metros cúbicos por viaje, aprovechándose todos los tamaños del material, desde la arena hasta los boleos de 0.5 metros de diámetro máximo. No hubo desperdicio.
- Los terraplenes con alturas mayores a un metro o de espesor menor a 70 centímetros, se condicionaron a un determinado nivel de la subrasante y al tamaño máximo de los boleos, para evitar la operación de seleccionarlos.



- Se utilizó mano de obra en la formación del cuerpo del terraplén.
- El tendido de la capa de revestimiento con material cementante se efectuó con equipo, una vez que se alcanzó el nivel requerido de la subrasante.
- Debido a que la terracería estaba formada con material inerte, fue necesario el empleo de cementante.

Características del suelo	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Suelo blando	Baja capacidad de soporte	Alta capacidad de soporte
Materia orgánica	Inestabilidad	Estabilidad
Humedad	Baja capacidad de soporte e inestabilidad	Sin efecto
Topografía (terreno plano)	Nula protección contra la acción destructora del agua	Alta protección contra la acción destructora del agua

Las características anteriores fueron reportadas por el ingeniero Feizal R. Yagué Cabrera, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Colima.

Caso 10. Construcción de muros secos contra la erosión de cunetas

En la construcción del camino rural Pablo Galeana-E. C., kilómetro 82+100 (Chilpancingo-Acapulco) ubicado en terreno de lomerío fuerte, se presentaron erosiones en la corona y las cunetas, convirtiéndose éstas en zanjas de 2.5 metros de profundidad y 3 metros de ancho.

Al observar que la reconstrucción de la cuneta con material del mismo lugar era una solución temporal y que los elementos más adecuados para revestirla, tales como el concreto simple, la mampostería o el suelo cemento, tenían un costo elevado, el ingeniero Leopoldo Bernal Miranda, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Guerrero, puso en práctica la siguiente solución.

Procedimiento:

- Se construyeron muros secos con piedra del lugar, producto de excavaciones en corte de algunos tramos rocosos, a fin de amortiguar la velocidad.
- Se empotraron los muros en los taludes del corte y de la cuneta hasta la profundidad adecuada.
- Se colocó la superficie receptora aguas abajo, en la caída, con piedra debidamente acomodada, para evitar el impacto y la erosión.
- Se levantó el muro hasta una altura de 30 centímetros abajo del hombro del camino.
- La separación longitudinal entre muros se calculó tomando en cuenta la necesidad de evitar las velocidades fuertes. Por ello, se construyeron a 60 o 70 metros uno de otro.
- Al lograr abatir la velocidad, los azolves se depositaron en el muro hasta llenarlo.

Resultados:

Las condiciones del camino se verificaron 13 años después, encontrando que su funcionamiento era normal.

Caso 11. Terracerías sobre terrenos pedregosos

En terrenos pedregosos, la erosión con frecuencia arrastra el material fino en el que se encontraban empacados fragmentos de roca, producto de morrenas o detritus de formaciones rocosas cercanas, por ejemplo, las cuales presentaban formas angulosas o aristas vivas.

En otras ocasiones, al atacar un corte con explosivos, la sección quedaba sumamente irregular.

Por ello, el procedimiento constructivo de terraplenes sobre terrenos pedregosos, que se describe a continuación, fue adecuado desde el punto de vista económico en zonas donde las plantillas se formaron con el producto de cortes en roca o en terrenos naturales sujetos a una erosión intensa.

Procedimiento:

- Se efectuó la limpieza del terreno natural, en su caso.
- Se formó una capa de material con partículas menores de 7.5 centímetros, dándole un espesor de 30 centímetros en promedio, bandeada o compactada con el paso de las unidades de acarreo, permitiendo el tendido del revestimiento sobre el terreno natural.

Caso 12. Plataformas flotantes o chinampas

En regiones secas o templadas con clima húmedo, los suelos se encontraban parcial o totalmente inundados, como en el camino Punta Arenas-El Remate, en el municipio de Calkiní, Campeche.

El camino se encuentra en zona pantanosa, con precipitaciones anuales de 1500 mm en promedio. Durante la temporada de lluvias se forma una capa de agua de 50 centímetros que perdura todo el año.

Para encontrar una solución, se efectuaron sondeos que mostraron una primera capa de arcilla rica en materias orgánicas de alta plasticidad, muy blanda, con espesor medio de 1.30 metros, y encima la capa de roca caliza o *sashcab*, típica de la península de Yucatán.

Se presentaron dos opciones:

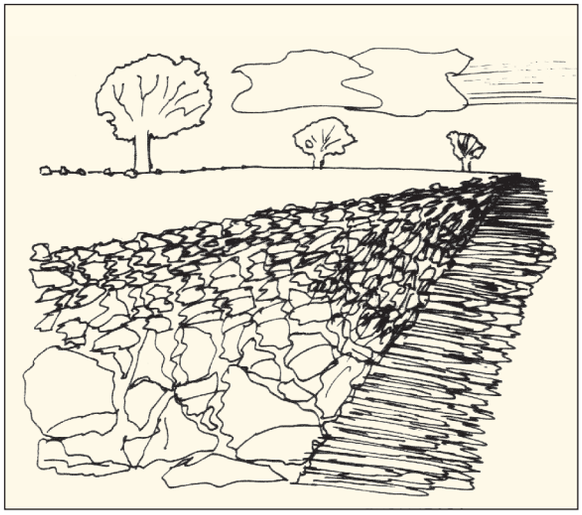
1. Construir un gran terraplén apoyado sobre la capa resistente de roca, desplazando la de arcilla orgánica.
2. Realizar la construcción de un terraplén o capa de cimentación, menor en dimensiones, apoyada sobre la capa de arcilla orgánica.

La primera se rechazó por antieconómica y se aceptó la segunda, aplicándose una técnica que desde antes de la Conquista los antiguos habitantes del Valle de México ya utilizaban en el Lago de Xochimilco.

El procedimiento consiste en formar parcelas de tierra flotantes, llamadas chinampas, sobre las cuales se podía cultivar.

Procedimiento:

- Se efectuó el desmonte utilizando el producto para formar un entramado, entrelazando troncos



y ramas unidas con lianas o alambre.

- El entramado formó una plataforma que hizo las veces de base de sustentación flotante y de apoyo a la estructura del camino.
- Sobre el entramado se colocó un terraplén de 60 a 70 centímetros de espesor, utilizándose un tractor D-4 para el esparcido y mano de obra local para su acabado.

Resultados:

- Se efectuaron pruebas triaxiales sobre el material natural del terreno, obteniéndose una capacidad de carga de 1.0 ton/m^2.
- Con este resultado, se observó que el hundimiento después de aplicadas las cargas era del orden de cuatro centímetros, que se consideró aceptable en este tipo de caminos.
- Se construyeron plataformas laterales cada 300 metros, para permitir el cruce y otras maniobras de los vehículos usuarios.
- Los propios vehículos compactaron el camino.
- Con el asentamiento mencionado se formó un camellón central, que fue retirado y extendido hacia los bordes por una cuadrilla de cinco jornaleros, conformando de esa manera la superficie de rodamiento.
- Los volúmenes empleados se mencionan en el documento "La Ingeniería para la infraestructura del medio rural", que el ingeniero Raúl Salinas de Gortari presentó ante la Academia Mexicana de Ingeniería, en 1982.

Materiales por kilómetro	
Entramado	800 a 1 000 m^3
Piedra	2 500 m^3
Sashcab	3 500 m^3

Caso 13. Formación de terraplenes con escrepas metálicas tiradas por mulas

En el estado de Coahuila existen grandes extensiones de terreno semiárido donde se planeó construir la Red de Caminos de Ocampo, con una longitud inicial superior a 600 kilómetros.

Para ello, el procedimiento permitió utilizar los recursos de la región: elementos de labranza tales como las escrepas metálicas, cientos de mulas y la mano de obra campesina.

Procedimiento:

- Se marcaron la línea del eje del camino, el límite del derecho de vía y la línea de ceros.
- Se desmontaron y desenraizaron las áreas de desplante y de préstamo lateral requeridas.

- Con el auxilio de hilos y estacas, se señalaron los espesores del terraplén —40 a 50 centímetros— y una línea de cinco metros de ancho a ambos lados de los ceros, para limitar la zona de ataque de los préstamos laterales y alejar el agua de la estructura del camino.
- Con la ayuda de arados y yuntas se aflojó el material de préstamo en lugares previamente fijados, procurando que el volumen fuera ligeramente superior al requerido diariamente por las escrepas para tratar de conservar la humedad natural.
- El trabajo de los arados fue permanente, ya que la profundidad de ataque fue del orden de 20 a 25 centímetros y la altura del terraplén dos veces mayor.
- Se distribuyeron grupos de ocho escrepas a cada dos estaciones —40 metros—, cuatro a cada lado del camino.
- Una tras otra levantaron el material y lo distribuyeron, siguiendo en su recorrido la trayectoria de una elipse y formando capas uniformes de 15 centímetros de espesor promedio.
- En el proceso de carga y descarga se obligaba a los tiros de animales a pasar repetidas veces sobre las distintas capas, con lo cual se logró un grado de compactación que según los estudios de laboratorio alcanzó 85% máximo, tal como lo reportara el ingeniero Roberto Carmona López, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Coahuila, en 1980.
- La duración del ciclo era de 60 segundos con 20 de descanso; o sea seis horas de trabajo efectivo por dos horas de descanso, para una jornada diaria de ocho horas.
- Una vez que las terracerías construidas de esa manera alcanzaban el espesor requerido, se tendía el material de revestimiento.

Caso 14. Compactación de terracerías y revestimientos de caminos costeros

El camino kilómetro 201 carretera Manuel-La Coma-Enramadas, con una longitud de 54 kilómetros en la región petrolera de San Fernando, Tamaulipas, está ubicado en un 50% sobre terreno plano y el resto en lomeríos.

Para la construcción inicial del tramo km 27+000 a km 54+000, alojado en planicie con 900 mm anuales de precipitación pluvial, se formaron pequeños terraplenes a base de préstamos laterales con material a volteo, sin ningún tratamiento.

Debido a las condiciones descritas, el tramo originalmente construido falló. Por ello, el ingeniero Humberto Flores Balboa, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Tamaulipas, efectuó en 1986 la compactación de las terracerías y la capa de revestimiento.

Procedimiento:

- Se despalmó y desmontó.
- Se compactó al 90% el terreno natural, con espesor de 30 centímetros en promedio.
- Las terracerías se construyeron con material de préstamo, compactadas al 90% en capas de 30 centímetros.
- La capa de revestimiento con espesor final de 17 centímetros, se compactó al 85%.

Caso 15. Caminos sobre roca caliza y asfaltados

En la península de Yucatán predominan los terrenos planos y lomeríos suaves, cubiertos con vegetación espesa de poca altura.

Debido a que la corteza rocosa se encuentra fisurada y muy permeable, el agua se filtra, por lo que prácticamente no se requieren obras de drenaje.

No obstante, en tramos de lomerío fuerte el agua de lluvia escurre formando represas, requiriéndose pequeñas losas y vados.

El suelo está constituido básicamente de roca caliza sana, con clasificación 0–0–100, y en la parte superior, en un espesor variable de dos a seis metros, material fino de depósito con valor relativo de soporte de 10 a 25.

Por otra parte, existe en abundancia el material de buenas características llamado *shascab* o *sascab*.

Procedimiento:

- Se desmontó del área de desplante, hasta un metro como mínimo fuera de los ceros.
- Se despalmó una capa superficial de espesor variable, afinando el área descubierta y dándole bombeo de 1.5 a 2.5%.
- Se construyó una capa de roca caliza fragmentada, formando un pedraplén.
- Para la extracción del material que formaría el pedraplén, se despalmó la zona de ataque de banco y con el uso de explosivos se obtuvo la piedra de tamaño adecuado, que fue cargada a mano y acarreada en camiones de volteo.
- Con la formación del pedraplén se obtuvo un valor soporte alto, pues sirvió de sustentación al resto de la estructura y transmitió tanto las cargas de las capas superiores como las de los vehículos sobre el terreno natural.
- El tamaño de las partículas de roca caliza fracturada fluctuó entre cinco y 25 centímetros, lo que permitió acomodar en la parte inferior las piedras de mayor tamaño y aprovechar la fricción y trabazón mecánica para rellenar los espacios existentes.
- Se tendió una capa de *sascab* de 15 a 20 centímetros de espesor promedio, a fin de llenar los espacios del pedraplén y presentar una superficie de rodamiento uniforme.

Caso 16. Caminos asfaltados

En cuanto al asfaltado de caminos existentes, el método consiste en lo siguiente:

- Se escarificó ligeramente la superficie de rodamiento, con motoconformadora, mezclando el producto con material de recargue adecuado y suficiente del orden de cuatro a seis centímetros para cubrir las depresiones y obtener una textura homogénea.
- Mediante el uso de pipas, se incorporó el agua al material para que adquiriera la humedad óptima.
- Se compactó con plancha de rodillo liso, de 10 a 12 toneladas de peso, durante un lapso de 20 a 24 horas por kilómetro.
- Se obtuvieron compactaciones del rango de 90 a 95% de su peso volumétrico seco máximo.
- Se hizo el barrido de la capa para eliminar el polvo, mediante escobas de mano.
- Se aplicó un riego de asfalto FR-3 a razón de 1.5 a 2.0 litros por metro cuadrado y se cubrió con material pétreo triturado tipo 3A, volumen medio 10 a 12 lts/m^2, mediante camiones de volteo.
- Con la motoconformadora se dio una ligera *cerrada* o acomodo final en todo el ancho de la corona.

El método se aplicó también en caminos nuevos, excepto las operaciones de escarificación y recargue.

En los caminos ubicados en la franja costera del estado de Tabasco, el ingeniero Ernesto A. Hernández Padilla, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Tabasco, utilizó un riego de sello en sustitución del revestimiento de caminos rurales con resultados satisfactorios.

Caso 17. Tratamientos adicionales de los materiales utilizados en la construcción de caminos rurales

Conglomerados bien graduados y con buena cementación		
Tipo de terreno	Tránsito	Tratamiento
Plano o lomerío suave	Menos a 50 vehículos por día	Construcción y conservación tradicional.
Lomerío fuerte o montañoso con precipitación pluvial alta	Mayor a 50 vehículos por día	Conformación de la superficie de rodamiento y compactación al 90% del PVSM. Riego de asfalto FM-1 (1.0 litro por metro cuadrado) cubriéndolo una semana después con un poreo de arena mediana.

Gravas arenas inertes sin cementación		
Tipo de terreno	Tránsito	Tratamiento
Plano o lomerío suave	Menos de 50 vehículos por día	Cementación del material de revestimiento con arenas arcillosas, caliches o limos de baja plasticidad.
Lomerío fuerte o montañoso con precipitación pluvial alta	Mayor a 50 vehículos por día	Elaboración de mezcla asfáltica con asfalto FR5 en proporción aproximada de 50 litros/m^2; conformada y compactada. Riego de impregnación del orden de 0.7 litros/m^2 y poreo con arena mediana.

Materiales plásticos		
Tipo de terreno	Tránsito	Tratamiento
Todos, principalmente con alta precipitación	Hasta 100 vehículos por día	Estabilización de tipo químico utilizando cal, cemento o mediante calcinación de arcillas con horno al pie del camino.

Caso 18. Estabilización de taludes en terraplenes

El procedimiento de conservación en los primeros siete años de construido el camino La Tazajera-E. C. (Acapulco-Pinotepa Nacional), ubicado en terreno plano con 12% de pendiente, consistió en lo siguiente:

- Recargue de material de terracerías en las zonas deslavadas.
- Protección de taludes de los terraplenes que en promedio tenían alturas que variaban entre dos y tres metros, mediante capas de granito alterado.
- Reconstrucción de obras de drenaje destruidas por las avenidas, en virtud de que el terraplén existente funcionaba como presa y aguas arriba en la zona colindante se formaba una cuenca con lecho de arcillas negras.
- Colocación de material para el revestimiento del camino, prácticamente en toda su longitud.

Sin embargo, el problema radicaba en la inestabilidad de los taludes del terraplén, fácilmente erosionables por la lluvia.

El ingeniero Leopoldo Bernal Miranda, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Guerrero,

analizó varias opciones: utilizar algún material de banco que no fuera fácilmente erosionable, colocar piedra acomodada, zampear o estabilizar los taludes, y se decidió finalmente por la segunda alternativa.

Procedimiento:

- En forma simultánea a las obras de drenaje se construyeron canales para encauzar el agua.
- El producto de la excavación —arcilla o barro negro— se colocó sobre los taludes.
- Se arroparon los taludes con una capa de diez centímetros de espesor promedio.
- Esta solución permitió el crecimiento de vegetación en los taludes, estabilizándolos.

Caso 19. Puentes de madera

La madera ha constituido un excelente material de construcción para los puentes, debido a sus características de resistencia y flexibilidad. Tiene la desventaja de su decadencia biológica, por tratarse de un material vivo. No obstante, esta desventaja ha sido superada con la aplicación de técnicas de protección contra las plagas y la putrefacción.

Cuando esta técnica se aplica en forma adecuada y las condiciones climatológicas son favorables, se logran puentes de madera duraderos, como lo demuestran los puentes de ferrocarril construidos con el carácter de provisionales a principios del siglo XX y que siguen dando servicio un siglo después.

Sin embargo, la utilización de madera ha sido reducida en puentes carreteros, excepto en el sureste del país, donde se han construido, en caminos rurales, puentes de madera rolliza con tecnología mediana en zonas de abundantes recursos forestales.

Esos puentes resolvieron el problema de la comunicación por algún tiempo, pero en general la falta de tratamiento inicial anti plagas y de conservación adecuada llevaron a su decadencia, de manera que tuvieron que ser sustituidos por puentes de concreto y mampostería.

En cuanto al uso de este material, el ingeniero Armando Sención Guzmán, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Durango, realizó el "Diseño estructural para alcantarillas a base de madera", en 1985.

El ingeniero Sención Guzmán, con los ingenieros Luis Torres Pereyra, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Oaxaca y Teodoro Valls Cervantes, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Chiapas, efectuaron el cálculo del costo de puentes de madera de 18 metros de claro, según el proyecto tipo Collins, que resultaba favorable al compararlo con la construcción de puentes de concreto y mampostería para el mismo claro.

Caso 20. Puentes con tubería de acero

En esa misma región, el sureste, la solución de puentes para caminos rurales, tanto en su subestructura como en la superestructura, se ha encontrado en el uso de tubos de acero, aprovechando la abundancia de los mismos después de que le sirvieron a Petróleos Mexicanos en sus tareas de explotación de mantos petrolíferos.

Una parte de los tubos se hincan en el terreno como pilotes de fricción, otros forman ataguías de contención de tierra que funcionan como estribos con aleros, unos más se estructuran como caballetes para formar las pilas.

Finalmente, una plataforma de tubos adosados constituye la superestructura. Cuando los claros son mayores se ha recurrido a una doble capa de tubos.

Este tipo de puentes tiene una capacidad de carga limitada y como los claros son pequeños, representan un gran obstáculo para el funcionamiento hidráulico.

Por otra parte, su mantenimiento resulta difícil porque el efecto de corrosión se propaga desde zonas inaccesibles e invisibles del interior de los tubos hacia fuera. Por ello, numerosos puentes como los descritos deben ser sustituidos al cabo de pocos años.

No obstante las limitaciones descritas, han sido una solución rápida y económica, al adquirir el tubo a un costo mínimo. No se aconseja la construcción de un puente de este tipo con material tubular adquirido a valor comercial, porque con seguridad podría seleccionarse, con economía, otro tipo de puente más duradero.

Los puentes construidos con tubería metálica cumplieron con las Normas de construcción e instalaciones, parte VIII, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en vigor, en cuanto a la calidad de uniones soldadas de ranura y filete principalmente.

Las experiencias de este tipo de puentes fueron proporcionadas por el ingeniero Ernesto A. Hernández Padilla, residente general de Caminos Rurales en el Centro SCT Tabasco, en 1985 y están contenidas en varias publicaciones.

Una de ellas se denomina *Experiencia en la construcción de puentes con tubería metálica en caminos rurales del estado de Tabasco*, que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes editó en mayo de 1987.

Caso 21. Puentes con estructura espacial

Otro procedimiento que se ha aplicado en la construcción de puentes de caminos rurales es la estructura espacial metálica inicialmente utilizada en entrepisos y techos de edificaciones.

La descripción clara y completa de este tipo de estructura, se encuentra en la tesis *Estructura espacial* presentada por Daniel López Capistrán, para optar por el título de ingeniero civil en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en 1967.

La estructura es tridimensional, fabricada con perfiles laminados metálicos mediante dos pirámides de base cuadrada, invertidas y unidas en sus vértices a través de una placa.

Los elementos diagonales inclinados en tres direcciones forman tetraedros, mediante los cuales se conectan varillas de alta resistencia que forman una cuerda inferior para una losa de concreto que forma la cuerda superior.

El fundamento de este sistema parte del análisis de la sección transformada de la viga de concreto reforzado sujeta a flexión. Se elimina el concreto inútil por debajo del eje neutro y se le sustituye por los tetraedros metálicos, para unir las varillas a tensión

con la zona comprimida del concreto representada por la losa.

El procedimiento se aplicó en numerosos puentes de caminos rurales, en cruces donde se dificultaba el levantamiento de obras falsas de gran altura o ante la presencia de aguas permanentes.

En la estructura espacial las conexiones entre los elementos metálicos son soldadas; parte de ellas en el taller —las que forman vigas longitudinales— y otra parte el campo, generalmente las que unen transversalmente las vigas para formar una plataforma.

Por otra parte, los puentes construidos con estructuras espaciales no han tenido el debido mantenimiento, en especial en lo referente a la pintura que requieren las estructuras metálicas.

Lo anterior se señala en virtud de que algunos puentes se ubican en zonas de alta humedad ambiental o cerca del mar, circunstancias que aunadas al pequeño espesor de sus perfiles metálicos, los condenan a su pronta destrucción, a menos de que se aplique una política adecuada de conservación.

Los datos sobre ese tipo de puentes construidos en el estado de Jalisco fueron proporcionados por el ingeniero Emilio Torres Almazán, residente general de Caminos Rurales del Centro SCT Jalisco, en 1985.

Bibliografía

Bernal Miranda, Leopoldo, "Material sobre estabilización de taludes en el camino La Tazajera-E. C. (Acapulco-Pinotepa Nacional". Chilpancingo, Gro., 1986.

Experiencia en la construcción de puentes con tubería metálica en caminos rurales del estado de Tabasco". México, SCT, 1987.

Félix Valdés, Rodolfo, "Tecnología adecuada en las obras públicas", ponencia presentada en la Mesa redonda sobre tecnología adecuada en la construcción. México, 1980.

Fernández Loaiza, Carlos, "Empleo de técnicas de estabilización con productos químicos en caminos rurales". Guadalajara, Jal., 1985.

Gómez Rábago, Luis, "Tecnología adecuada en la construcción de caminos rurales", ponencia presentada en la Reunión de comités técnicos de la PIARC. México, 1984.

Industria del Álcali S. A., "Cloruro de calcio para la consolidación de los caminos del progreso". Monterrey, N. L., 1985.

López Monreal, Guillermo, "Investigación sobre el comportamiento del cloruro de calcio en terracerías". Zacatecas, Zac., 1987.

Mendiola Domínguez, Santiago, Residente General de caminos rurales del Centro SCT Campeche, "Construcción de caminos rurales sobre suelos blandos (blanquizales)". Campeche, Camp., 1985.

Moreno Pecero, Gabriel, "Adecuación de la tecnología a las necesidades nacionales", ponencia presentada en la Reunión latinoamericana sobre tecnología de carreteras en países en vías de desarrollo (RELATEC). México, 1981.

Quintero Ramos, Jaime, "Estabilización de terracerías y revestimiento con cal y cemento para la construcción y conservación de caminos rurales". México, 1985.

Rico Rodríguez, Alfonso, "Adecuación de tecnologías a las necesidades nacionales". México, RELATEC, 1981.

Salas Rico, Raúl, "Tecnología apropiada en infraestructura carretera". México, 1987.

Salinas de Gortari, Raúl, "Tecnologías apropiadas en caminos de bajo costo", ponencia presentada en la Reunión latinoamericana sobre tecnología de carreteras en países en vías de desarrollo (RELATEC). México, 1981.

Vargas Gómez, Froylan, "Alternativas tecnológicas para la construcción de carreteras y caminos. Uso de la mano de obra como tecnología apropiada", ponencia presentada en la Reunión latinoamericana sobre tecnología de carreteras en países en vías de desarrollo (RELATEC). México, 1981.

CAPÍTULO XI. ***Conservación***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO XI. ***Conservación***

El capítulo inicia con una reflexión acerca de la importancia de la conservación, ya que no tendría ningún sentido construir más obras si no se tiene considerada su conservación.
Se incluye una clasificación a título no limitativo de las acciones de mantenimiento así como sus objetivos.
En especial se describe el procedimiento para determinar los requerimientos de conservación, con base en la calificación del estado físico del camino o en la cuantificación de sus necesidades en forma semejante a como se hace en las carreteras pavimentadas.
Se enuncian también los aspectos relevantes de la tecnología aplicada en la conservación de caminos rurales, pues si su construcción se efectuó con el uso intensivo de mano de obra, es lógico y conveniente que se utilice también en este rubro la misma.

XI.1 **INTRODUCCIÓN**

Es común que el hombre, cuando llega a la vejez, padezca de arterioesclerosis. Su vida se mantiene gracias a la sangre que circula por sus arterias, venas y vasos capilares.

El símil es válido al aplicarlo a los países, que también tienen vida, y cuyo sistema estaría representado por su infraestructura carretera.

Para prevenir la arterioesclerosis en un país es menester realizar un trabajo difícil que pasa prácticamente inadvertido para la mayoría de los habitantes, excepto cuando causa molestias a los usuarios de las vías de comunicación.

Se trata de la conservación de la red vial, constituida por carreteras pavimentadas o troncales y por los caminos alimentadores, rurales o secundarios.

Para ello, los recursos que se destinen a esa labor deben ser los necesarios, o por lo menos los indispensables.

Continuando con el símil, sería lamentable que la insuficiencia presupuestaria permitiera únicamente destinar "aspirinas" para curar la arterioesclerosis.

Los dolores, producto del malestar o de la falta de conservación, continuarían y cada vez con más fuerza.

El razonamiento es claro. No tendría ningún sentido continuar con la política de destinar fabulosas sumas a la construcción de más y mejor infraestructura, si por otro lado se autorizan recursos insuficientes para efectuar los trabajos de mantenimiento, o bien que sean reducidos por diferentes causas una vez

que son autorizadas, con lo cual se niega a la conservación el lugar que merece como actividad complementaria de la construcción se le estaría asignando un lugar secundario, en contra del sentido común y la política natural de "conservar todo lo que se construya".

> A costos corrientes de 2007, el costo promedio por kilómetro de construcción de camino rural era de 920 mil pesos (115 mil dólares estadounidenses). Por lo tanto, el valor estimado de la red de caminos rurales a costos actuales sería de aproximadamente 158 mil millones de pesos (17 mil millones de dólares estadounidenses)

¿Qué significado puede tener la política de conservación de carreteras? Ni aún los usuarios lo saben.[1] Para ellos la vía debe estar en buenas condiciones y nada más.

Ahora bien ¿cómo lograrlo? Los caminos soportan el tránsito de vehículos de diversos tipos y están sujetos al desgaste ocasionado por los elementos naturales, que dañan y hasta destruyen las vías.

Por tal razón, los especialistas como el ingeniero Luis Bello Rojo, director general de Conservación, en la Secretaría de Obras Públicas, en 1971, afirmaba que "la conservación de un camino empieza desde que inicia su construcción", ya que ante varias opciones de localización de la ruta es preciso seleccionar la que ofrezca menores probabilidades de elevar el costo de la futura conservación.

Así, es claro que la importancia del camino rural y su conservación es irrebatible, pero conviene precisar lo que se entiende por "camino rural".

Camino rural. Se trata de una vía terrestre en cuya construcción se aplican las especificaciones más bajas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Tiene un ancho de cuatro metros para un solo carril de tránsito y brinda servicio hasta a 100 vehículos. Cuenta con ensanchamientos, a distancias convenientes, que permiten el rebase, el cruce o el estacionamiento de vehículos.

Sus terracerías y revestimiento no son compactados con equipo, y tiene suficientes obras de drenaje para asegurar la transitabilidad en todas las épocas del año.

Por otro lado, es pertinente dar énfasis a la definición de "conservación".

Conservación. "Conjunto de actividades que se realizan para evitar el deterioro o la destrucción del camino y mantenerlo con la calidad y el valor de proyecto originales, para asegurar el paso permanente durante toda época del año."

Las actividades de conservación son contínuas, es decir, se realizan en el transcurso del año con la frecuencia necesaria, en función de la topografía, la vegetación existente y las condiciones climatológicas.

XI.2 **AGENTES DESTRUCTORES DE LOS CAMINOS**

Al construir un camino, su capacidad se planifica para ofrecer resistencia a ciertos elementos que por

[1] Se consideran usuarios a los autotransportistas, autoridades estatales y municipales, pasajeros, vecinos, productores y consumidores, y todos los habitantes beneficiarios directos con la construcción del camino.

lo general se exceden y causan daños mayores a los previsibles.

Por otra parte, el público es el juez más severo, por lo que es necesario darle un camino sin apariencias criticables, porque cuando la obra se encuentra en ejecución todas las imperfecciones que sean palpables, así como la serie de incomodidades que sufre el usuario, se disculpan por encontrarse en esa etapa.

Sin embargo, cuando la vía ha sido terminada, su estado físico y las condiciones de transitabilidad son el espejo a través del que se juzga su aspecto superficial e inclusive su proyecto.

En ocasiones, aún antes de que finalice la construcción de un camino rural, éste está expuesto al ataque constante de los elementos naturales, como las lluvias, la vegetación y el viento, además de los vehículos usuarios que lo utilizan en forma normal o irracional.

Los caminos rurales que son vasos capilares de la red de carretera y que fueron construidos con el uso intensivo de mano de obra, sufren grandes daños originados por los elementos anteriormente descritos, deterioros que obligan a una constante labor de conservación, a fin de asegurar la vida útil de las vías.

Dos son las contingencias que afectan el estado físico de un camino rural. Por un lado están los derrumbes que se desprenden de las laderas y que pueden bloquear el paso, y por otro están las inundaciones, producto de las precipitaciones pluviales excesivas que cubren largos tramos en las planicies.

Esas acciones destructoras tienen que ser atacadas en forma oportuna a fin de procurar evitar que sean nocivas para el camino y garantizar el paso en toda época.

Por lo anterior, el personal que participa en el mantenimiento de esta parte de la infraestructura carretera debe realizar una vigilancia eficiente de la red rural.

Para coadyuvar en esa conservación y como consecuencia de la construcción del camino con uso intensivo de la mano de obra local, ha resultado positiva la participación de los poblados beneficiados en algunas acciones de la conservación rutinaria de la vía.

Para el efecto, se requiere organizarlos debidamente en un Comité pro conservación.

XI.3 **CLASIFICACIÓN DE LA CONSERVACIÓN**

En forma convencional, las siguientes son algunas clasificaciones de la conservación, desde diferentes puntos de vista.

1. Por el tipo de superficie.
   - Conservación de caminos de terracería o de tierra.
   - Conservación de camino revestido.
   - Conservación de camino mejorado con un riego de sello.
   - Conservación de camino empedrado.
2. Por el tipo de tecnología aplicada.
   - Conservación a mano.
   - Conservación con equipo.
   - Conservación con tecnología mixta.
3. Por la topografía o tipo de terreno donde se encuentran ubicados los caminos.
   - Conservación en terreno plano.
   - Conservación en lomerío.
   - Conservación en terreno montañoso.
4. Por el tipo de clima imperante en la región donde se localiza el camino.
   - Conservación de caminos en clima caluroso.
   - Conservación de caminos en clima templado.

- Conservación de caminos en clima frío.

5. Por la oportunidad con que se realizan los trabajos.
   - Conservación preventiva o menor.
   - Conservación de emergencia.
   - Conservación correctiva.
6. Por el tipo de actividades a efectuar: Trabajos de conservación rutinaria o normal; trabajos de conservación periódica; trabajos de mejoramiento; trabajos de reconstrucción, y trabajos de modernización.

XI.4 **OBJETIVOS**

En el mantenimiento[2] de caminos rurales, el aspecto funcional es más importante que el estructural, ya que del primero dependen la seguridad, la vida y los bienes de los usuarios.

Con base en lo anterior, es posible fijar los objetivos de la conservación:

- Asegurar la transitabilidad del camino en toda época del año.
- Garantizar la vida útil de la vía.
- Corregir los daños originados por la lluvia y el uso normal del camino.
- Reparar los daños originados por el uso irracional de la vía.
- Preservar el patrimonio del país.

Por lo que se refiere a la vida útil de los caminos rurales, ésta se ha estimado en función de la topografía dominante a lo largo de la longitud de los mismos y de la intensidad de las precipitaciones pluviales en la zona donde se encuentran ubicados.

Topografía	Intensidad lluvias	Vida útil
Plano	Baja	20 años
Lomerío	Mediana	15 años
Montañoso	Alta	10 años

XI.5 **REQUERIMIENTOS DE CONSERVACIÓN**

La fuente de información para la programación proviene de diversas fuentes.

XI.5.1 **Formato del estado físico de construcción y de conservación de caminos rurales y puentes**

En la determinación de las cantidades de obra se unificó el criterio de los residentes de obra para el levantamiento de las cédulas de estado físico, en el sentido de que los volúmenes deben referirse a necesidades reales de mantenimiento.

Para ese fin, de 1978 a 1984 se aplicó el formato que se ilustra a continuación

Centro SCT estado de
Residencia General de Conservación
Conservación de Caminos Rurales

Nombre del camino.....
Longitud.....km
Residencia.....
Supervisor .....
Fecha de la visita .....

[2] En el libro se utilizan los términos "conservación" y "mantenimiento" como sinónimos.

Concepto	Valor ponderado máximo	Valor visita anterior	Valor visita actual
1. Trazo a). Adecuado b). Inadecuado	10		
2. Localización a). Adecuada b). Inadecuada	10		
3. Pendientes a). Dentro de norma b). Fuera de norma	10		
4. Curvaturas a). Dentro norma b). Fuera norma	10		
5. Derecho de vía a). Dentro norma b). Fuera norma	10		
6. Entronques a). Dentro norma b). Fuera norma	10		
7. Superficie de rodamiento Bacheos Recargues Libraderos Retiro derrumbes Relleno azolves Rastreos Rep. empedrado Reafinamiento	10 ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )		
8. Zonas laterales a superficie de rodamiento Chapeo Limpieza cunetas Limpieza Contracunetas Limpieza canales (Sangrías) Limpieza Alcantarillas Retiro obstáculos Taludes Afinamiento o recargue de taludes	10 ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )		
9. Trabajos de emergencia	10		
10. Señalamiento a). Completo b). Incompleto	10		
SUMA	100		

11. Calificación	
11.1. Entre 76 y 100	Bueno
11.2. Entre 51 y 75	Regular
11.3. Menos de 50	Malo

No obstante, el personal a cargo de la conservación de caminos rurales consideró más conveniente diseñar una cédula de información semejante a la aplicada para el inventario de requerimientos de conservación de carreteras, cuyas características relevantes se describen en el siguiente inciso.

XI.5.2 **Formato para el levantamiento del inventario de requerimientos de conservación**

- El inventario se efectuaba para cada kilómetro en caminos de hasta diez kilómetros de longitud y de cinco en cinco kilómetros para caminos con longitud mayor a diez kilómetros.
- El recorrido realizado por el residente de obra y el sobrestante se hacía en un vehículo a la velocidad máxima de proyecto, deteniéndose en cada obra de drenaje y en los subtramos donde se observaran deterioros.
- Se cuantificaba la existencia o carencia de revestimiento, baches y ondulaciones en la superficie de rodamiento.
- La presencia o ausencia de azolves y requerimientos de reparación en obras de drenaje.
- La existencia y condiciones de las señales.

La información obtenida se agrupaba de la siguiente forma:

- Características geométricas del camino.
- Trabajos en la superficie de rodamiento.
- Trabajos en zonas laterales a la superficie de rodamiento.
- Trabajos de emergencia.
- Trabajos de señalización.

XI.5.3 **Información proporcionada por los comités de conservación**

En los primeros años del programa de mejoramiento de brechas y caminos de mano de obra, la promoción se efectuó únicamente para la construcción, lo cual originó que se tuvieran que hacer actividades adicionales para que se organizara la comunidad en un comité de conservación.

A partir de 1974 la promoción aprovechaba las asambleas populares para hablar no sólo de la construcción del camino sino de su futuro mantenimiento; logrando que el comité que se formara tuviera entre sus responsabilidades la recepción de la obra terminada.

Al respecto, el *Instructivo para la construcción de los caminos rurales* de la SAHOP de 1977 indica en el tercer párrafo de la Introducción lo siguiente: "se hace una síntesis de la forma en que los caminos terminados son entregados para su conservación a las residencias generales de conservación de los Centros SAHOP, y se enfatiza en la simbólica entrega a los habitantes de los poblados ligados con el camino, a fin de lograr su participación en las importantes labores de mantenimiento del camino".

La entrega de los caminos terminados a la comunidad beneficiada se hacía con toda la formalidad posible, al grado que el documento era avalado por representantes del gobierno del estado y de la Contraloría de la Federación, así como por el director del Centro SCT y el residente general de Conservación del mismo.

Además de realizar algunas actividades de conservación rutinaria, en ocasiones los representantes de los poblados rurales acudían a los centros foráneos de trabajo para notificar a los encargados del mantenimiento que las condiciones del camino eran malas.

XI.5.4 **Acta de entrega recepción de los caminos terminados**

Una vez terminados los trabajos en el camino, la Residencia de Construcción, que dependía de una Dirección General diferente a la que tenía a su cargo la conservación, elaboraba el acta para que a partir de la firma de la misma, el centro foráneo de conservación se hiciera cargo del mantenimiento del camino.

El "Acta de entrega recepción" de los caminos terminados contiene, entre otros, los datos generales del camino, así como la ubicación de los bancos de materiales para el revestimiento y el croquis de ubicación.

Señalaba como anexos: el proyecto de localización y geométrico del camino y de las obras de drenaje; la bitácora; la calificación del estado físico en el

formato establecido por la dependencia normativa centralizada y el inventario del camino.

En el espacio correspondiente a observaciones, la Residencia de Conservación señalaba la obra faltante, si fuera el caso.

Los recursos destinados para la conservación siempre han tenido el carácter de "etiquetado", para asegurar que se inviertan en los trabajos de mantenimiento.

Las Residencias de Construcción podían entregar tramos intermedios terminados, con el requisito de que comunicaran poblados o centros de producción, o bien que estuvieran debidamente revestidos aún cuando no llegaran a ningún poblado.

Por su parte, la Residencia de Conservación que recibía, debía contar con el presupuesto necesario para conservar esos tramos parciales, de lo contrario no tenía ningún caso recibirlos.

El mantenimiento de tramos parciales permitía el paso de los vehículos que abastecían los insumos necesarios para efectuar los trabajos de construcción en la longitud restante del camino.

XI.6 **PROGRAMACIÓN**

En relación con el tiempo en que se han realizado las labores de conservación, el estudio "Caminos y mano de obra", de la Secretaría de Obras Públicas (SOP), efectuado en 1976, señala que:

"Dados los efectos destructivos causados por las inclemencias climatológicas y el uso mismo del camino, se hacía indispensable una constante revisión de las condiciones físicas que guarda el mismo, por lo que es muy importante que la SOP establezca, de una manera pragmática, un programa permanente de conservación de caminos de mano de obra —como de hecho lo hace para otro tipo de vías—, en el que se instaure una revisión intensa y constante a fin de que no se demeriten los caminos construidos".

"Además, la formalización de un programa de estas características permitiría la ocupación permanente de un cierto número de trabajadores en periodos más o menos prolongados, y la participación, tanto en la responsabilidad del mantenimiento como en la ejecución, de las comunidades beneficiadas".

Las condiciones físicas del camino rural se detectan, en general, mediante recorridos por los caminos:

- Antes de la temporada de lluvias para cuantificar las obras de mantenimiento por realizar.
- Durante el periodo de precipitaciones para comprobar el funcionamiento de las obras de drenaje, principalmente.
- Al finalizar la temporada de lluvias para certificar el estado físico del camino y proceder, en caso necesario, a la reparación de los desperfectos.

Para que los camineros cabos, sobrestantes y residentes de obra, entre otros, estén conscientes del significado de la conservación de caminos rurales se citan los siguientes criterios:

1. "No habrá camino rural que opere y que perdure si para conservarlo no se aplica el correspondiente esfuerzo que se hizo para construirlo".

2. "No debe perderse el trabajo de su construcción por el abandono en su mantenimiento".

La programación de los trabajos de conservación de caminos rurales se realiza así mismo, teniendo en cuenta la longitud por atender.

En el 2007 la red rural era de 226 000 kilómetros, de los cuales 120 000 eran de caminos rurales y 106 000 de brechas mejoradas.

De acuerdo con la calificación de las vías se da prioridad a los caminos en buen estado, luego a los que están en condiciones regulares y se deja para el final los que se encuentran en malas condiciones.

En el 2007 las condiciones físicas de la red rural eran las siguientes. En buenas condiciones estaba el 29%; en aceptable estado, 46% y en deficiente condición 25%.

Un hecho histórico es el siguiente: a partir de 1995 la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha atendido la conservación de 49 000 kilómetros anuales, en promedio, lo que representa 41% de la red rural.

Otro aspecto sumamente importante que vale la pena mencionar es que durante el periodo 1967-1999, la conservación de los caminos rurales con uso intensivo de mano de obra tuvo en cuenta la frecuencia con que debían efectuarse las actividades de mantenimiento en el transcurso del año, con las siguientes prioridades:

- El estado físico de los caminos.
- La obra faltante, en especial de drenaje.
- El tipo y volumen de tránsito.
- El volumen de las precipitaciones pluviales de la zona donde se encontraban ubicados los caminos.

XI.7 **TECNOLOGÍA APLICADA**

La realización de la conservación de caminos rurales tiene tres opciones: el uso intensivo de mano de obra, el uso intensivo de maquinaria y la combinación de mano de obra y maquinaria.

La primera opción representa, entre otras cosas:

- La utilización intensiva de mano de obra disponible, no calificada, de las comunidades asentadas en la zona de influencia del camino.
- El aprovechamiento de materiales regionales.
- La absorción de la tecnología local.
- Una derrama económica para las comunidades servidas.
- La concientización de los beneficiarios para continuar considerando el camino como patrimonio de la comunidad.

La segunda opción significa:

- La utilización de recursos humanos y procesos constructivos ajenos a la comunidad.

- Falta de control de la productividad de la maquinaria por parte de la comunidad.
- Nula participación de los comunitarios en la ejecución de los trabajos.

La tercera opción lleva implícita la aplicación racional de cada uno de sus componentes.

No obstante, por razones de tipo social se ha dado preferencia, en el mantenimiento rutinario de los caminos rurales, a la primera posibilidad.

XI.8 **ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

XI.8.1 **¿Quiénes han realizado las labores de conservación de caminos rurales?**

Los jornaleros que efectúan los trabajos de conservación provienen de diferentes estratos sociales. Son habitantes de las comunidades rurales en pobreza extrema, mayores de 16 años; productores rurales, jornaleros con y sin tierra, sin importar si son mujeres o varones.

La disponibilidad de la mano de obra no ha sido problema en cuanto a cantidad, sino al tiempo en que debe emplearse.

Por ejemplo, durante la temporada de lluvia existe oferta de mano de obra no calificada, porque una parte de la misma no participa en la preparación de la tierra, siembra, cultivo o cosecha.

Adicionalmente, la utilización de ese insumo local es de tipo estacional al considerar así mismo, el ciclo de las actividades agropecuarias.

Los jornaleros residen en poblados con las siguientes características:

- Altos índices de marginación y pobreza.
- Las regiones tienen una orografía accidentada.
- Los asentamientos están ubicados en forma dispersa.
- No cuentan con circuitos de producción-consumo-abasto bien definidos.
- Su economía es de subsistencia.
- Tienen graves rezagos de infraestructura básica y de servicios.

Para la ejecución de los trabajos de mantenimiento a través de los comités de conservación, formados en cada localidad, se organizan cuadrillas o grupos de diez a 20 jornaleros, incluyendo el cabo o jefe de grupo y a un machetero.

Al establecerse en 1995 el programa especial de generación de empleo, a cargo del Fideicomiso 195 Conacal, el rendimiento esperado de la mano de obra por jornada fue estimado con base en la productividad de las cuadrillas de conservación de carreteras federales.

Luego, con base en la experiencia del personal técnico a cargo de la dirección y control de la conservación de caminos rurales, se estimaron algunos factores que, aplicados a los rendimientos por actividad los hacen más cercanos a la realidad.

Para el programa de empleo temporal (PET), subprograma de conservación de caminos rurales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Fideicomiso Conacal elaboraron, en 1999, el *Manual para la construcción, reconstrucción y conservación de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra*.

La publicación incluyó la descripción de conceptos por ejecutar para:

- La construcción de terracerías, obras de drenaje, revestimiento, señalamiento y mejoramiento de brechas.
- La reconstrucción de la superficie de rodamiento, de obras de drenaje y diversas, del señalamiento y el mejoramiento de brechas.
- La conservación de la superficie de rodamiento, de las franjas laterales y de las obras de drenaje y diversas.

El Manual comentado incluía, además, los rendimientos y costos unitarios así como la forma de ejecución, medición y pago para las tres etapas mencionadas en los párrafos anteriores.

La versión 2007 de esa publicación considera los conceptos a ejecutar y los rendimientos para la conservación, agrupándolos en elementos de las franjas laterales, de las obras de drenaje, de la superficie de rodamiento y de obras diversas.

Para la reconstrucción de caminos rurales los engloba en trabajos en franjas laterales, terracerías, obras de drenaje, superficie de rodamiento y obras diversas.

XI.8.2 **Organización de los trabajos**

El programa institucionalizado de construcción de caminos rurales desde su inicio en 1967 ha tenido como prioridad la debida organización de las comunidades rurales para que sus habitantes participen en la ejecución de los trabajos.

Como ya se ha señalado, al finalizar la construcción de un camino se entrega a la comunidad para que colabore en su conservación.

Esta práctica persiste, ya que el *Instructivo de promoción de la SCT 2007,* incluye, en su anexo número 3, el acta de entrega-recepción al comité de beneficiarios pro camino para que "organicen la participación de los vecinos en el mantenimiento del camino" y "reporten a la dependencia encargada de la conservación rutinaria mayor el estado en que se encuentra el camino".

La promoción efectuada con motivo del mejoramiento de brechas y de la construcción de caminos de mano de obra fue la base para continuar recibiendo la colaboración de las comunidades rurales en los trabajos de mantenimiento.

En cada localidad se forma un comité pro camino, cuyos miembros eligen a sus representantes y a los vecinos que efectuarán las labores de contraloría social.

Las personas seleccionadas como representantes son responsables de:

- Proporcionar la mano de obra necesaria.
- Comprobar que la ejecución de los trabajos llegue a feliz término.
- Se haga una eficiente operación y conservación del camino.

XI.8.3 **Capacitación técnica para los jornaleros**

Una de las principales obligaciones de la unidad ejecutora se refiere a proporcionar capacitación técnica a los jornaleros.

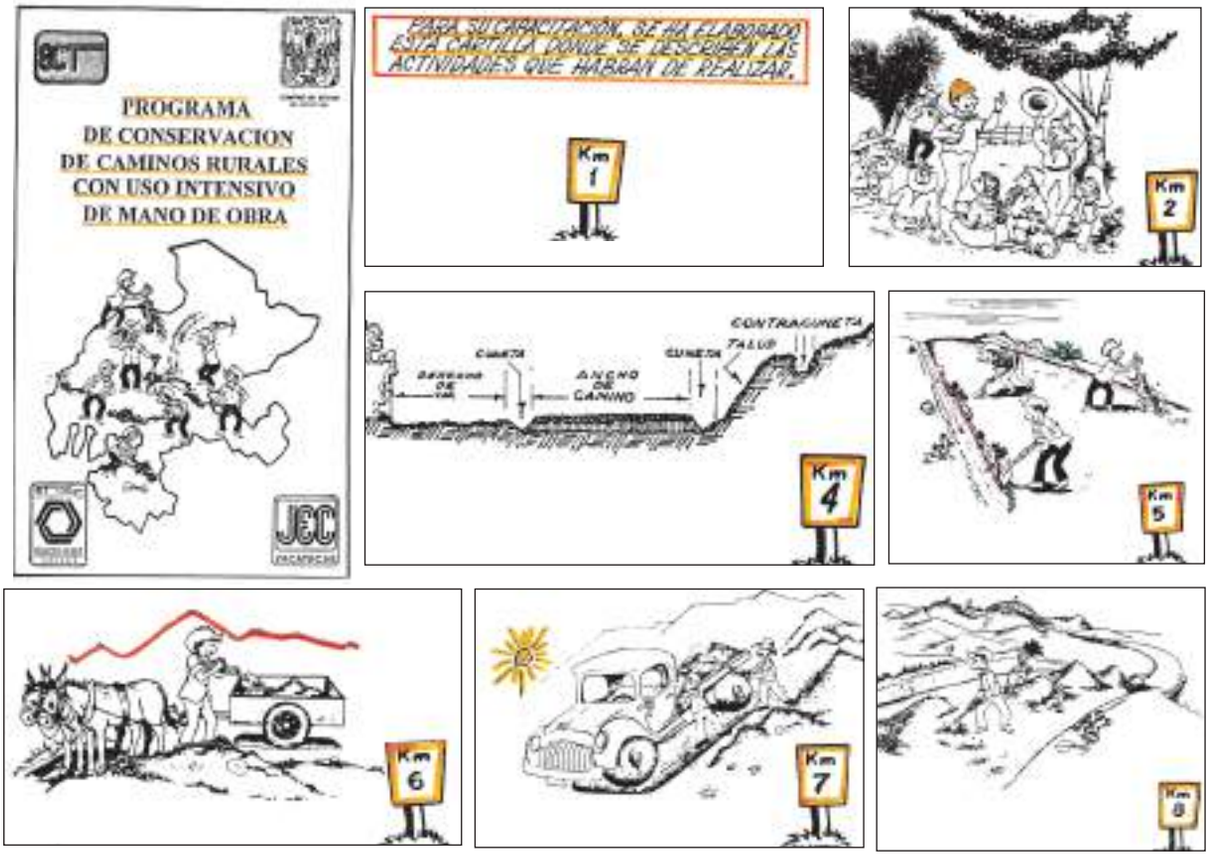
Esa labor ha recaído en el personal técnico de la residencia de obra.

Para ello, se ha apoyado en las publicaciones de índole normativo de la dependencia y en la o las cartillas o cuadernillos diseñados para tal efecto.

Un ejemplo de esas publicaciones didácticas, es la cartilla diseñada por la Junta Estatal de Caminos del estado de Zacatecas, al frente de la cual se encontraba el ingeniero Froylán Félix Orozco.

El cuaderno incluye inicialmente el siguiente mensaje: "el camino rural sirve a las comunidades para mejorar su bienestar social, mediante la llegada de los servicios más indispensables, y para mejorar su economía"; establece que es un medio de comunicación para estar en posibilidad de comercializar sus productos y/o materias primas.

En la cartilla se ilustran, de manera esquemática, las partes integrantes de un camino rural.



Luego se describen en forma concisa y con un léxico adecuado, las acciones de conservación rutinaria que están en posibilidad de realizar, con el empleo de herramienta simple y algunos equipos locales.

Nivelado y perfilado a mano. Consiste en la remoción de las ondulaciones transversales, los surcos o corrimientos de material en la superficie de rodamiento, dejando el bombeo suficiente para permitir el escurrimiento del agua.

Extracción de materiales de banco para revestimiento. Los materiales extraídos de banco son utilizados para el bacheo o el recargue de la capa superficial del camino.

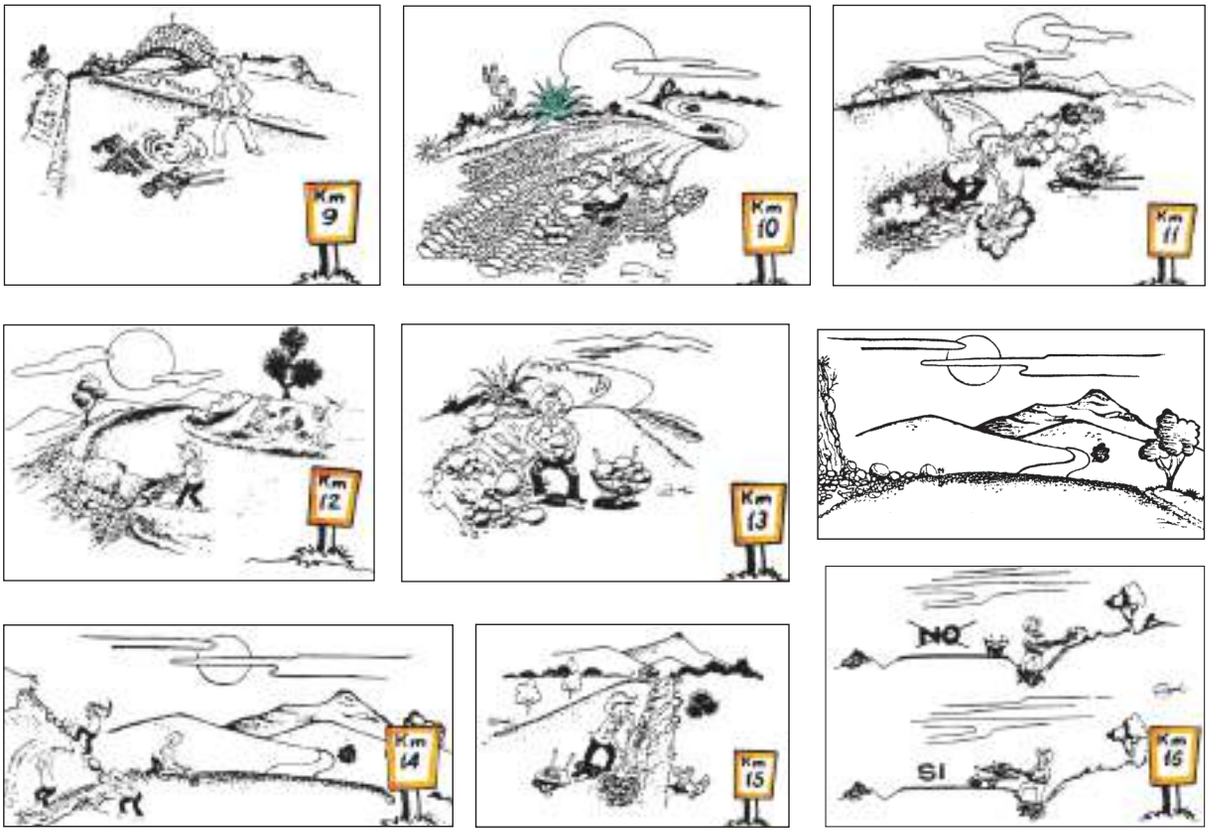
Por lo general se procura utilizar los depósitos o bancos de material pétreo existente en los cauces de los arroyos o ríos o bien provenientes de cortes entre cerros y valles o de afloramientos de formaciones rocosas. Previamente a la extracción se retira el material inadecuado —vegetal, terroso o arcilloso— hasta descubrir el material aceptable.

Acarreo de materiales para revestimiento. Consiste en llevar el material del banco al lugar de utilización.

Es común que los vehículos usados para el transporte sean camiones volteo. Sin embargo, se pueden utilizar redilas o camionetas cuando, como es el caso de los trabajos de conservación, los volúmenes sean pequeños.

Tendido y afinado. Después de que los camiones han tirado el material sobre el camino, el material se extiende con palas en todo el ancho de la superficie de rodamiento, procurando que quede parejo.

Bacheo. Conjunto de trabajos necesarios para tapar y nivelar los hoyos o baches utilizando material de revestimiento adecuado.



Para ello, se retira el material malo que se encuentra dentro del revestimiento, procediendo a rellenar el hoyo con material parecido, en calidad, al que fue colocado durante la construcción del camino.

Cuando sea posible, se procura compactar con pisón de mano en capas no mayores de diez centímetros de espesor.

Empedrado. Se recurre a este recubrimiento en las subidas y bajadas fuertes de un camino, protegiéndolo de manera eficaz en la época de lluvia, ya que el agua arrastra los materiales de revestimiento y los deslava.

La piedra se coloca sobre un piso firme y se juntea con material pétreo adecuado.

Deshierbe. Es la acción de quitar la hierba que crece en los acotamientos y taludes del camino, a fin de permitir buena visibilidad, con las siguientes consideraciones:

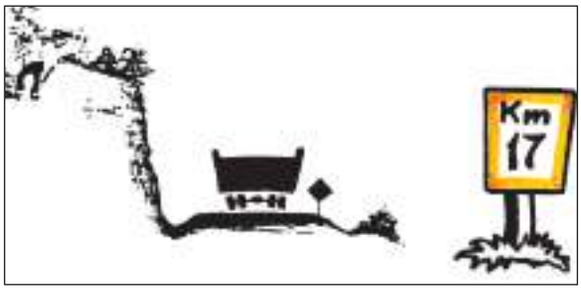
- La hierba que crezca en los taludes no debe cortarse hasta abajo y mucho menos cortarse de raíz.
- Después de cortar la hierba, se apila fuera del derecho de vía, sin quemarla.

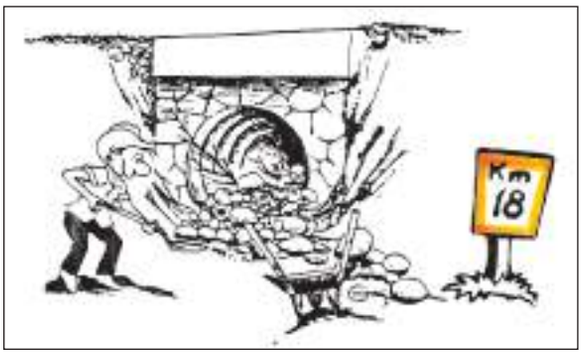
Relleno de deslaves. El deslave es una erosión o socavación del material del talud del terraplén, producida por el escurrimiento del agua superficial.

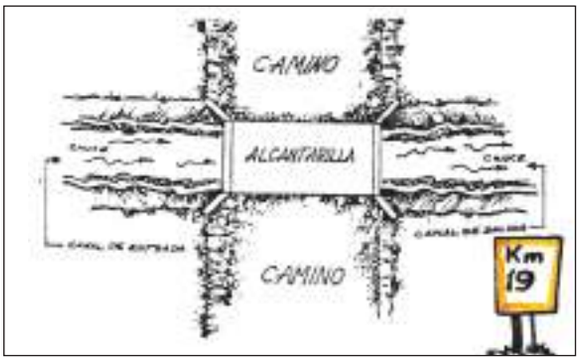
El relleno se efectúa con material de calidad semejante al que originalmente existía, efectuándolo en capas no mayores de 20 centímetros y compactándolas con pisón de mano.

Remoción de derrumbes. Tiene como fin quitar el material que se desprende de las laderas de los cortes (taludes) y que estorba el paso por el camino.

El material se palea, quebrando las piedras grandes con marro y cincel; acarreando el material con carretilla y depositándolo en lugares adecuados fuera del camino.







Luego se limpian las cunetas y la superficie de rodamiento.

Afinamiento de taludes. Es la acción de cortar el material de un talud que se encuentra francamente vertical, o muy parado, y cuyo material suelto ocasiona constantes derrumbes, azolvando las cunetas, de forma que, sobre todo en las curvas, llegan a reducir peligrosamente la visibilidad del conductor del vehículo.

La actividad se complementa con la eliminación de los obstáculos o piedras que se encuentren sobre la superficie del camino.

Desazolve de cunetas. Consiste en quitar y acarrear en carretilla todo tipo de materiales —tierra, piedras, hierbas, troncos y otros—, para llevarlos a lugares donde no puedan ser arrastrados nuevamente a las cunetas.

No se debe desazolvar una zanja aventando el material que se retira hacia arriba del talud, ya que se derrumbará y de nada servirá el trabajo ejecutado.

Limpieza de contracunetas. Los canales que se construyen en las laderas, del lado aguas arriba de un camino, sirven para no permitir que el agua que escurre llegue al talud y luego a la cuneta derrumbando los materiales que encuentre a su paso.

Se quita el azolve y se deposita aguas abajo de la zanja, formando un bordo a lo largo de la contracuneta.

En caso de que se encuentren obstáculos grandes como piedras o troncos, éstos deben retirarse para permitir el paso del agua.

Desazolve de alcantarillas. Consiste en quitar todo tipo de material —tierra, piedras, hierbas, troncos y otros— no únicamente a la entrada de la obra sino a todo lo largo de la alcantarilla.

El material que se retire del interior de la obra debe tirarse donde no pueda ser arrastrado nuevamente hacia la misma alcantarilla. Tampoco debe ser depositado a la salida de la misma, sino extenderse de manera que no estorbe el escurrimiento.

Limpieza de canales de entrada y salida. Es la acción de quitar el azolve u otro material que tape el cauce natural que conduce el agua hacia la obra de drenaje.

El material que estorbe al escurrimiento se remueve y retira fuera del canal, depositándolo donde no pueda ser arrastrado nuevamente por las aguas hacia la superficie del camino, las cunetas, las contracunetas o las alcantarillas.

Es conveniente aclarar que según el estado físico de cada camino, los jornaleros desarrollarán una o varias de las actividades descritas anteriormente, de acuerdo con lo indicado en el anexo técnico, que forma parte del expediente que debe integrarse para cada camino.

En resumen, el significado de la Conservación es el siguiente: "Cuando todo va bien, nadie recuerda que se hace. Cuando se planifica y solicitan los recursos financieros para hacerla, se dice que no es necesaria, pero cuando deja de efectuarse, todos están de acuerdo en que debería haberse realizado".

Bibliografía

Departamento de carreteras, Cuerpo de ingenieros de la armada de los EUA, Clasificacion de los caminos de tierra. *Manual para cuantificar los problemas de mantenimiento. Reporte especial 87.* Champign, Illinois, agosto, 1987.

Escalante Sauri, Cedric I., Director General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Construcción y modernización de carreteras", en *Asfáltica. Revista Técnica de la Asociación Mexicana del Asfalto, A. C.*, enero, 2006.

Gobierno de la República de Bolivia. Proyecto PNUD-OIT-PMA BOL/92, "Conservación de caminos a través de microempresas asociativas". Documento de proyecto de los consultores Martha Sánchez Ríos (Colombia) y Raúl Salas Rico (México). La Paz, Bolivia, 1992.

Junta Estatal de Caminos del estado de Zacatecas, Froylan Félix Orozco, Cartilla "Programa de conservación de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra".

Kidder, Frank E. y Harry Parker, *Manual del arquitecto y del constructor,* trad. de Santiago Alonso. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1959.

National Academy of Sciences, Transportation Research Board Commission on Sociotechnical Systems. National Research Council. *Apoyo de tecnología de transporte para países en desarrollo. Síntesis 1 conservación de caminos sin pavimentar.* Washington, D. C., 1979.

Salas Rico, Raúl, "La conservación de los caminos de tipo económico". México, 1978.

Secretaría de Obras Públicas, *Suplemento núm. 41*. Diciembre, 1971.

CAPÍTULO XII. ***Supervisión***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

CAPÍTULO XII. ***Supervisión***

En este capítulo se describen los aspectos más importantes de la normativa para la supervisión y evaluación de la obra inspeccionada, con base en índices previamente determinados para ello.

Se comentan las características de los informes de supervisión tradicionales así como algunos lineamientos para hacer más expeditos los resultados de la inspección, mediante la calificación del estado físico de la construcción y conservación de caminos y puentes rurales.

Se ilustra al lector acerca de la problemática para seleccionar los centros foráneos de trabajo por supervisar, cuando se tiene una gran cantidad de los mismos.

XII.1 **INTRODUCCIÓN**

La supervisión de caminos rurales tuvo, a partir de 1967 y hasta el año 2000, dos vertientes: una centralizada y otra de campo. Ambas se efectuaron con recursos propios.

La eficacia de la primera descansó en las recomendaciones, sugerencias y observaciones que dictaban los supervisores.

Por ello, se procuraba que esta parte de la administración fuera de tipo ejecutivo y sobre todo oportuna.

De lo contrario se rechazaba por extemporánea.

Otro motivo de rechazo se debía a la tendencia del ser humano a desestimar los hechos desagradables, a no admitir fallas en la organización y equivocaciones en el trabajo cotidiano, oponiendo resistencia para admitir la autoridad de los supervisores.

Sin embargo, los encargados de la construcción y conservación de las obras no rechazaban las actividades de control y supervisión como tales, sino cuando eran realizadas por personal que no conocía los procedimientos técnicos y administrativos de los programas de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra.

Entre los camineros siempre ha existido una forma de supervisión aceptada en forma unánime: el autocontrol.

Por lo anterior, se realizó una intensa campaña de concientización a fin de que los centros de trabajo foráneos aplicaran debidamente sus controles.

El sobrestante actuaba como supervisor de los trabajos de los cabos en cada frente de trabajo.

El residente de obra supervisaba las actividades de sobrestantes y promotores y el residente general certificaba la realización de los programas encargados a cada una de las residencias de obra, dentro de determinada jurisdicción territorial.

El residente general coordinaba, dirigía y controlaba de manera eficiente, entre cuatro y siete residencias de obra.

Si el número de centros de trabajo era inferior a cuatro, el residente general tendía a pasar demasiado tiempo en las residencias de obra cercanas a su jefatura. Por otra parte, si tenía a su cargo más de siete residencias de obra no podía coordinar ni controlar debidamente los trabajos de las mismas.

La supervisión permitía comprobar, entre otras situaciones, si existían vicios de centralización de autoridad que interfirieran en la toma de decisiones

del residente general; si la delegación de autoridad era absoluta, al grado que la jefatura de residencias se hubiera debilitado hasta el punto de que las residencias de obra fueran unidades de trabajo prácticamente autónomas, con normas, criterios y objetivos propios y con nulas relaciones con los demás centros de trabajo foráneos ni con la propia residencia general.

Los servidores públicos designados como supervisores de caminos rurales tenían experiencia en el diseño, proyecto, construcción y conservación de carreteras en general, además de que habían colaborado en distintas áreas de las oficinas centralizadas. Algunos de ellos provenían del área de control técnico de la Secretaría de Obras Públicas.

El proceso de control del programa de construcción de caminos de mano de obra, incluido el mejoramiento de brechas y de caminos rurales con tecnología apropiada o intermedia, descansó en la transformación de políticas, objetivos y procedimientos en resultados mesurables y que permitieran la evaluación de los mismos.

XII.2 **NORMATIVA**

El *Instructivo de Supervisión*, del año 2007, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, señala que ha sido elaborado para supervisar el programa de empleo temporal (PET).

El mismo instructivo indica que durante la ejecución de las obras el personal de los Centros SCT y los miembros de los comités de beneficiarios pro camino participan en la etapa de supervisión, en forma especial vigilando que las tareas que realizan los jornaleros se ejecuten de acuerdo a lo establecido en el *Instructivo técnico para la conservación y reconstrucción de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra*.

En la supervisión de la transparencia, calidad y apego a la normatividad se ha establecido que las acciones de supervisión las realice personal que no participe directamente en la ejecución del PET, como los grupos de supervisión de los Centros SCT, la unidad normativa centralizada y las contralorías sociales.

Un documento de tipo obligatorio en todas las obras públicas, cuya ejecución se realice con recursos federales, señalada en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento, es la bitácora de obra, que estaba integrada por los formatos que se mencionan a continuación:

- Programa de obra quincenal.
- Equipo y materiales disponibles.
- Concepto de obra y materiales utilizados.
- Tareas.
- Observaciones (cuando las hubiera).
- Croquis.
- Equipo utilizado, en su caso.
- Participantes (jornaleros).
- Participantes especializados, cuando los hubiera.

Durante la ejecución de los trabajos debe llevarse la bitácora de obra, en el formato IT12, el cual debe ser elaborado por el cabo o sobrestante, revisado por el residente de obra y con el visto bueno de la contraloría social del comité de beneficiarios.

A partir de 1999 en el PET, se estableció la necesidad y obligación de los centros foráneos de trabajo de integrar el expediente técnico para cada camino.

El contenido de ese archivo constaba de 25 documentos. Los primeros ocho formaban el expediente unitario y los restantes comprendían desde el oficio de autorización del programa hasta el acta de entrega-recepción.

Algunos de los documentos del expediente unitario son descritos a continuación por el ingeniero Gerardo Orrante Reyes, residente general de carreteras alimentadoras del Centro SCT Durango, en 1999.

El oficio de autorización se refiere al documento que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público envía al titular de la dependencia normativa centralizada, mencionándole el importe total del programa de empleo temporal, con la aclaración de que los recursos son 100% fiscales, detallándole enseguida el monto correspondiente a cada entidad federativa, con el total de la longitud de la red rural por atender, el número de empleos y de jornales por generar.

Sin ese oficio no había posibilidad ni de hacer la promoción ni de iniciar ningún trabajo en el camino.

Como proyecto ejecutivo de la obra se elaboraba una matriz con los números generadores que permitían calcular el monto del presupuesto de la cantidad de mano de obra por utilizar en la conservación del camino.

El residente de obra y el residente general elaboraban, con base en los requisitos y normas técnicas establecidas por la SCT, el dictamen de factibilidad para incluir la conservación de un determinado camino en el programa de empleo temporal.

El presupuesto por cada camino se ejemplifica con el calculado para la vía Peñón Blanco-San Antonio de Jacales en el estado de Durango, aplicando los rendimientos y costos unitarios considerados en el *Instructivo Conacal*, y separándolo por conceptos de terracerías: deshierbe; obras de drenaje: limpieza de cunetas; y revestimiento: renivelación (extracción, carga, tendido y afinado de materiales) y bacheo (retiro de materiales, acarreo, descarga, tendido y afinado).

Lo anterior confirmaba que las actividades por realizar eran las que realmente necesitaba el camino, en función de los recursos financieros autorizados.

En relación con el expediente técnico mencionado, el *Instructivo técnico para la conservación y reconstrucción de caminos rurales con uso preferencial de mano de obra*, de 2007, señala que debe formarse con 15 documentos antes de iniciar los trabajos, nueve más durante la ejecución de los mismos y cinco al concluir la obra.

XII.3 **ÍNDICES PARA LA SUPERVISIÓN Y EVALUACIÓN**

Los índices para la supervisión y evaluación de caminos rurales se agruparon de la siguiente manera:

- Índices de planeación.
- Índices de programa.
- Índices de promoción.
- Índices de proyecto.
- Índices de construcción.
- Índices de terracerías.
- Índices de revestimiento.
- Índices de obras de drenaje.
- Índices de conservación.
- Índices de estimaciones.
- Índices de costos.
- Índices de coordinación.
- Índices de tiempo.
- Índices de control.
- Índices de cantidad.

XII.3.1 **Índices de planeación**

- Corregir el desequilibrio entre carreteras troncales y caminos alimentadores.
- Dar a los poblados acceso a vías de comunicación permanentes.
- Aprovechamiento de las brechas existentes.
- Utilización intensiva de mano de obra.
- Empleo prioritario a desempleados de la localidad.
- Lograr que la realización y el beneficio de la construcción y el mantenimiento del camino se vinculen a la vida cotidiana de la comunidad.

XII.3.2 **Índices de programa**

- Programa de inversiones.
- Programa de radicaciones de fondos.
- Programa de promociones.
- Presupuesto por camino.
- Programa general de obra.
- Programa general de adquisiciones.
- Programa de utilización de equipo y maquinaria.
- Programa de localización de bancos.
- Programa de certificación de la calidad de los materiales.
- Programa de explotación de bancos.
- Programa de localización de obras de drenaje.

XII.3.3 **Índices de promoción**

- Atención de solicitudes de las comunidades rurales.
- Comprobación de la necesidad del camino.
- Realización de encuestas de datos socioeconómicos de poblados y censo de datos físicos del camino.
- Celebración de reuniones populares.
- Organización de las comunidades.
- Entrega de caminos terminados.

XII.3.4 **Índices de proyecto**

- Elaboración.
- Información según tipo de camino.
- Revisión de la residencia de obra.
- Revisión de la residencia general.

XII.3.5 **Índices de construcción**

- Características geométricas.
- Procedimientos para el mejoramiento de brechas.
- Procedimientos para caminos con uso intensivo de mano de obra.
- Procedimientos para caminos rurales con tecnología intermedia.
- Rendimientos de mano de obra.

XII.3.6 **Índices de terracerías**

- Proyecto de localización.
- Características geométricas.
- Procedimientos constructivos.
- Movimiento de tierras.

XII.3.7 **Índices de revestimiento**

- Ubicación de bancos.
- Espesor de la capa de materiales.
- Tramos de colocación.

XII.3.8 **Índices de obras de drenaje**

- Trazo y alineamiento.
- Tipo y dimensionamiento.
- Empleo de materiales de la región.
- Procedimientos de construcción.

XII.3.9 **Índices de conservación**

- Inventario de requerimientos.
- Tipo: rutinaria, periódica y/o reconstrucción.
- Normas y procedimientos.
- Rendimientos de mano de obra.

XII.3.10 **Índices de estimaciones**

- Formatos.
- Formulación.
- Documentación de soporte-generadores.
- Confrontación contra erogaciones.
- Trámite y archivo.
- Control de costos.

XII.3.11 **Índices de costos**

- Por remuneraciones económicas a la mano de obra.
- Por supervisión.
- Por tipo de camino.
- Por tipo de terreno.
- Por concepto de construcción: terracerías, drenaje y revestimiento.
- Por concepto de conservación: rutinaria, periódica o reconstrucción.
- De insumos: materiales, herramientas simples y equipo.
- De organización: centros foráneos de trabajo y centralizada.
- Indirectos.

XII.3.12 **Índices de coordinación**

- Entre jefatura y residencias de obra.
- Entre elementos humanos de cada centro de trabajo.
- Cantidad de trabajadores por centro de trabajo.
- Capacidad del personal.
- Recursos materiales y presupuestarios.
- Con unidades de apoyo.

XII.3.13 **Índices de tiempo**

- Calendario por conceptos de construcción.
- Calendario por conceptos de conservación.
- Calendario de empleo de equipo.
- Calendario de empleo de jornaleros.

XII.3.14 **Índices de control**

- De erogaciones.
- De personal.
- Pago de remuneraciones económicas.
- De materiales.
- De herramientas simples.
- De equipo.
- De obra.
- De estimaciones.

XII.3.15 **Índices de cantidad**

- Longitud de caminos terminados.
- Longitud de construcción de caminos por concepto (terracerías, drenaje y revestimientos).
- Longitud de conservación de caminos: rutinaria, periódica o reconstrucción.
- Cantidad de habitantes beneficiados.
- Cantidad de poblados comunicados.
- Cantidad de empleos generados.

XII.3.16 **Evaluación de resultados**

La evaluación de resultados de la construcción y conservación de caminos rurales se realizó mediante su registro, captura en computadora y análisis.

Las auditorías del área de control interno de la Secretaría de Obras Públicas, efectuadas periódicamente, certificaban la verdad de lo que se estaba haciendo tanto en la construcción como en la conservación de caminos rurales.

El control realizado por la supervisión —dado el universo por evaluar— fue de tipo selectivo, eventual y por muestreo.

XII.3.17 **Evaluación de la administración del programa de caminos rurales**

La función más relevante de los supervisores de caminos rurales se puede resumir en los siguientes términos:

> Supervisar desde el punto de vista técnico, la eficiente aplicación de las normas de proyecto geométrico y especificaciones de construcción, en la realización de estudios y proyectos y en la ejecución de las obras correspondientes.

Esa función sirvió de base para que, sumada a su vasta experiencia, los ingenieros Enrique Vázquez Utrilla y Dionisio Santibáñez Jiménez, presentara a las autoridades superiores las observaciones más relevantes sobre la administración del programa de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra en 1980.

Las siguientes son algunas de esas observaciones.

- No se tenía comprendido el término "meta" como sinónimo de "capacidad de producción" de la residencia de obra.
- Se realizaban caminos de "mejor vista" en vez de "menor costo".
- Los "proyectos tipo" no se adaptaban en forma conveniente.
- Había descoordinación entre las etapas de construcción de terracerías y su revestimiento, así como el drenaje.
- Existía "uso y abuso de tubos de lámina" en la solución del drenaje.
- Algunas residencias de obra se decidieron por un solo tipo de obras de drenaje: vados en todos los caminos, tubos de un solo diámetro o losas de una misma dimensión.
- No había limpieza de las obras de drenaje, lo que propiciaba el cambio de cauce o destrucción de tramos de terracerías.
- Se estaba perdiendo la esencia del programa al no utilizar la mano de obra local, inclinándose por el uso de maquinaria.
- No se utilizaban los formatos adecuados para las estimaciones.
- El desconocimiento de las normas generales de construcción se reflejaba en la mala aplicación de los precios unitarios.
- Se daba poca importancia a las resistencias requeridas de los concretos, sobre todo en los utilizados en obras pequeñas.
- En términos generales, no se utilizaban los servicios de las unidades de laboratorio.

XII.4 **INFORMES TRADICIONALES**

Los informes de supervisión tradicionalmente se hacían como un documento personal en cuanto a forma o estilo se refiere.

Algunos eran concisos y claros, otros confusos y desordenados, con extensión inapropiada e información innecesaria y, sobre todo, se presentaban en forma inoportuna para que las autoridades correspondientes estuvieran en posibilidad de tomar decisiones.

No obstante, con el contenido de los informes de supervisión tradicionales se llegó a determinar, entre otros aspectos, que un cabo podía supervisar los trabajos de un mínimo de 35 y un máximo de 50 jornaleros en la construcción de este tipo de caminos; mientras que un sobrestante supervisaba dos caminos en promedio.

En 1983, a fin de que la información fuera cada día más objetiva, los propios supervisores de caminos

rurales, entre ellos el ingeniero Fernando Villanueva Aguilera, junto con el personal de centros foráneos de trabajo, diseñaron y elaboraron, entre otros, los siguientes formatos:

Forma C-1. Registro de asistencia de los miembros de la asociación pro camino. Se utilizaba para controlar las tareas ejecutadas por cada jornalero y el monto de su gratificación.

Forma S-1. Registro de vehículos particulares. Se aplicaba para controlar los días trabajados por vehículo, dependiendo si la renta era diaria o por tarifa de fleteros.

Para autorizar el pago de los acarreos el formato debía adjuntarse al recibo correspondiente, con firmas del propietario del vehículo, el residente de obra y el jefe de residentes (reverso del formato).

Forma S-2. Tarjeta de Acarreos. En el formato se registraba la distancia, número de viajes y entre qué estaciones se había descargado el material, con antefirmas del checador y del chofer (frente del formato).

Antefirmas de los dos anteriores trabajadores más el sobrestante y el residente de obra (reverso del formato).

Forma S-3. Informe diario de acarreo de materiales. El formato era elaborado por el cabo, revisado por el sobrestante, con el visto bueno del residente de obra.

Contenía datos del vehículo tales como el número económico, su capacidad, la ubicación del banco así como el volumen acarreado (frente del formato).

Mismos datos formulados por el checador de materiales, revisado por el sobrestante, con el visto bueno del residente de obra.

Forma R-1. Recibo de pago de los acarreos. El recibo llevaba adjunta la relación de viajes. Contenía espacios para las firmas del propietario del vehículo, el residente de obra, el visto bueno del jefe de residentes y la autorización para el pago del director del Centro;

más un servidor público de la Subdirección Administrativa que se encargaría del registro del documento y su trámite.

Forma R-2. Relación quincenal de viajes y liquidación de acarreo de materiales. El residente de obra elaboraba el formato con la conformidad del propietario del vehículo y el visto bueno del residente general.

Forma R-3. Recibo de pago para cubrir la participación de los miembros de la asociación pro camino. El residente de obra elaboraba el formato, el residente general lo revisaba y la orden de pago correspondía al director general del Centro SCT.

Recibía la forma el tesorero de la asociación y el subdirector administrativo la registraba y tramitaba.

Forma R-4. Recibo de pago del equipo o maquinaria de construcción. El residente de obra elaboraba la

forma con el visto bueno del residente general y la autorización del director general del Centro SCT.

El propietario del equipo recibía el formato y la Subdirección Administrativa se encargaba del registro y trámite correspondiente.

Forma R-5. Registro de jornales. El controlador o tomador de tiempo se encargaba de elaborarla y la firmaban el presidente de la asociación pro camino y el residente de obra; para el control de las jornadas de trabajo de cada asociado en las etapas de construcción o de conservación de caminos rurales.

Con el doble propósito de unificar los criterios en el procedimiento de supervisión y facilitar la labor de los supervisores, la Dirección General de Caminos de Mano de Obra les impartió diversas acciones de capacitación.

Si las responsabilidades más importantes del supervisor de caminos rurales tenían como factor común al ser humano, puesto que trataban y/o acudían ante funcionarios y servidores públicos de la Secretaría de Obras Públicas y dependencias, entidades u organismos públicos y privados, una de las áreas de atención prioritaria fue la denominada "relaciones humanas".

Con esa capacitación se logró la actualización de los supervisores de caminos rurales en los siguientes rubros:

Conocimiento del trabajo. Se refiere al "conocimiento de responsabilidades propias y del personal a cargo de la construcción y conservación de caminos rurales; habilidad para dar instrucciones; para dirigir y para mejorar los métodos de trabajo".

La consecuencia fue lógica: los egresados de los cursos participaron en la actualización de las publicaciones técnicas relacionadas con caminos rurales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y propusieron un mecanismo para uniformar el procedimiento de calificación de las condiciones físicas de los caminos rurales.

XII.5 **Lineamientos para calificar el estado físico de la construcción y conservación de caminos y puentes rurales**

XII.5.1 **Objetivos**

- Unificar los criterios de los supervisores para obtener resultados homogéneos en su tarea.
- Se recomendó que la velocidad de recorrido fuera la de operación, sin exceder las que se mencionan a continuación.

Velocidad de recorrido para la supervisión de caminos rurales	
Topografía	Velocidad máxima
Terreno plano	50
Terreno lomerío	40
Terreno montañoso	20

XII.5.2 **Aspectos relevantes del procedimiento de calificación**

Los aspectos relevantes del método de calificación son los siguientes:

- Detenerse en todas las obras de drenaje del camino y por lo menos en dos secciones, a fin de apreciar con detalle el estado de la superficie de rodamiento.
- Detener el vehículo en que se efectúa la inspección, para escribir las calificaciones resultado de las observaciones.
- De preferencia, efectuar el recorrido en un vehículo tipo pick up.

- De acuerdo con la ubicación y longitud de los caminos, los recorridos se limitarían a un camino diario si se localizaba en terreno montañoso, dos si se encontraban en terreno de lomerío y tres si se ubicaban en terreno plano.
- La calificación no debería considerar aspectos del camino ajenos al elemento considerado. Por ejemplo, la calificación del drenaje no influiría en el estado de la superficie de rodamiento ni viceversa.
- Ni el diseño ni las especificaciones de proyecto con que fue construido el camino intervendría en la calificación.
- Si durante el recorrido se presentaba la lluvia, se calificaría únicamente el funcionamiento de las obras del drenaje y los entronques.

XII.5.3 **Elementos a calificar y su valor relativo**

Brechas mejoradas			
Elemento	Topografía		
	Plano	Lomerío	Montañoso
Terracerías	20	30	40
Drenaje	60	50	40
Revestimiento	20	20	20
Suma	100	100	100

Caminos de mano de obra			
Elemento	Topografía		
	Plano	Lomerío	Montañoso
Terracerías	30	35	35
Drenaje	50	45	40
Revestimiento	20	20	25
Suma	100	100	100

Caminos rurales con tecnología intermedia			
Elemento	Topografía		
	Plano	Lomerío	Montañoso
Terracerías	40	50	60
Drenaje	40	35	30
Revestimiento	20	15	10
Suma	100	100	100

Para mayor objetividad se estableció una escala de colores, de manera que al final del formato se señalaba el estado físico mediante los siguientes criterios:

- Rojo (sin posibilidad de recuperar el atraso): resultados entre 0 y 20.
- Naranja (con posibilidad de recuperar el atraso): resultados entre 21 y 40.
- Amarillo (con retraso): resultados entre 41 y 70.
- Verde (dentro de programa): resultados entre 71 y 100.

XII.5.3 **Calificación de la construcción de caminos**

Para la calificación del avance de la construcción de caminos rurales se aplicó el formato siguiente:

Centro SCT estado de
Residencia General de Caminos Rurales
Construcción de caminos rurales

Nombre del camino.....
Longitud.....km
Residencia .....
Supervisor .....
Fecha de la visita .....

Concepto	Valor ponderado máximo	Valor visita anterior	Valor visita actual
1. Trazo a). Adecuado b).Inadecuado	**5**		
2. Localización a). Adecuada b). Inadecuada	**10**		
3. Pendientes a). Dentro de normas b). Fuera de Normas	**15**		

Concepto	Valor ponderado máximo	Valor visita anterior	Valor visita actual
4. Entronques a otro camino	**5**		
a). Adecuado			
b). Inadecuado			
4.1. Entronques a poblados			
a). Adecuado			
b). Inadecuado			
5. Superficie de rodamiento	**20**		
5.1. Bancos previamente localizados			
a). Adecuados			
b). Inadecuados			
5.2. Calidad de materiales			
a). Adecuada			
b). Inadecuada			
5.3. Espesor de revestimiento _____cm			
a). Suficiente			
b). Insuficiente			
5.4. Tiro revestimiento 300 m atrás de terracerías			
a). Si.			
b). No			
6. Libraderos	**5**		
a). Suficientes			
b). Insuficientes			
6.1. Localización			
a). Buena			
b). Mala			
7. Drenaje transversal	**20**		
7.1. Adelante de terracerías 500 m			
a). Si			
b). No			
7.2. Cantidad obras			
a). Suficientes			
b). Insuficientes			
7.3. Diseño obra			
a). Adecuado			
b). Inadecuado			

7.4. Localización			
a). Buena			
b). Mala			
8. Drenaje longitudinal	**15**		
8.1. Adelante de terracerías 500 m			
a). Si			
b). No			
8.2. Cantidad			
a). Suficientes			
b) Insuficientes			
8.3. Diseño			
a). Aceptable			
b). Inaceptable			
8.4. Localización			
a). Buena			
b). Mala			
9. Obras auxiliares	**5**		
9.1. Cantidad			
a). Suficientes			
b). Insuficientes			
9.2. Diseño			
a). Aceptable			
b). Inaceptable			
S U M A	**100**		

CALIFICACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LOS CAMINOS RURALES
DENTRO DE PROGRAMA: 71-100 (verde)
RETRASADO 41-70 (rojo)
CON POSIBILIDAD DE RECUPERAR EL ATRASO 21-40 (amarillo)
SIN POSIBILIDAD DE RECUPERAR EL ATRASO 0-20 (naranja)

XII.5.5 **Calificación de la conservación de caminos**

Para la calificación del estado físico de los caminos rurales con fines de conservación se aplicó el formato siguiente:

Centro SCT estado de
Residencia General de Conservación
Conservación de caminos rurales

Nombre del camino_____
Longitud_____km
Residencia_____
Supervisor_____
Fecha de la visita_____

Concepto	Valor ponderado máximo	Valor visita anterior	Valor visita actual
1. Trazo a). Adecuado b). Inadecuado	**10**		
2. Localización a). Adecuada b). Inadecuada	**10**		
3. Pendientes a). Dentro de norma b). Fuera de norma	**10**		
4. Curvaturas a). Dentro de norma b). Fuera de norma	**10**		
5. Derecho de via a). Dentro de norma b). Fuera de norma	**10**		
6. Entronques a). Dentro de norma b). Fuera de norma	**10**		
7. Superficie de rodamiento **7.1. Requerimientos** Bacheos Recargues Libraderos Retiro derrumbes Relleno azolves Rastreos Rep. empedrado Reafinamiento	**10** ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )		
8. Trabajos de emergencia	**10**		
9. Señalamiento a). Completo b). Incompleto	**10**		
SUMA	**100**		

10. Calificación	
Entre 76 y 100	Bueno
Entre 51 y 75	Regular
Menos de 50	Malo

XII.5.6 **Calificación de la construcción de puentes**

Para la construcción de puentes se diseñó el siguiente formato:

Centro SCT estado de
Residencia General de_____
Construcción de puentes en caminos rurales
Residencia de puentes_____
Nombre puente, río o arroyo_____
Longitud_____km
Ubicación km_____de camino
_____
Fecha inicio_____
Fecha terminación_____
Supervisor_____
Fecha de la visita_____

Concepto	Valor ponderado máximo	Valor visita anterior	Valor visita actual
1. Estudios	**20**		
1.1. Estudios previos a). Completos b). Incompletos	**4**		
1.2. Selección cruce a). Adecuado b). Inadecuado	**4**		
1.3. Estudios topohidráulicos a). Completos b). Incompletos	**4**		
1.4. Estudios mecánica suelos a). Completos b). Incompletos	**4**		
1.5. Estudios impacto ambiental a). Completos b). Incompletos	**4**		
2. Proyecto ejecutivo a). Completo b). Incompleto	**15**		
3.3. Avance a). Cimentación b). Subestructura Estribos Pilas Caballete c). Superestructura Losa nervurada Estructura metálica Otra	**10** _____% _____% _____% _____% _____% _____% _____%		

Concepto	Importe	Por ciento respecto costo total
4. **Erogaciones** a). Cimentación b). Subestructura c). Estribo N° d). Pila N° e). Superestructura Tramo_____ Aproches	**10**	
S U M A	**75**	

Concepto	Cantidad de trabajadores
5. Fuerza de trabajo **5.1. Cimentación** **5.2. Subestructura** **5.3. Superestructura** **5.4. Aproches**	**10**
S U M A	

Concepto	Tipo de material
6. Materiales de consrucción	**15**
6.1. Cimentación	**5**
a). Mampostería	( )
b). Concreto ciclópeo	( )
c). Concreto simple	( )
d). Concreto armado	( )
6.2. Subestructura	**5**
a). Mampostería	( )
b). Concreto ciclópeo	( )
c). Concreto simple	( )
d). Concreto armado	( )
6.3. Superestructura	**5**
a). Concreto armado	( )
b). Acero estructural	( )
c). Madera	( )

Tipo	Modelo (Capacidad)	Etapa en la que se utiliza
7. Equipo Draga Bomba Revolvedora Pluma Malacate Planta elect Soldadora Volteo	**10**	

Calificación de la construcción de puentes		
1. Estudios Previos Selección del cruce Topohidráulicos Mecánica de suelos Medio ambiente	 4 4 4 4 4	20
2. Proyecto		15
3. Construcción En programa Atraso (causas) Avances	 5 5 10	20
4. Erogaciones Cimentación Subestructura Superestructura Aproches	 3 3 3 1	10
5. Fuerrza de trabajo Cimentación Subestructura Superestructura Aproches	 3 3 3 1	10
6. Materiales Cimentación Subestructura Superestructura	 5 5 5	15
7. Equipo		10
S U M A		100

CALIFICACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LOS PUENTES RURALES
DENTRO DE PROGRAMA: 71-100 (verde)
RETRASADO 41-70 (rojo)
CON POSIBILIDAD DE RECUPERAR EL ATRASO 21-40 (amarillo)
SIN POSIBILIDAD DE RECUPERAR EL ATRASO 0-20 (naranja)

XII.6 ELECCIÓN DE CENTROS FORÁNEOS DE TRABAJO POR SUPERVISAR

El problema para la supervisión en la primera década de construcción intensiva de caminos rurales 1967-1976 radicaba en la elección de los centros de trabajo por visitar, ya que en total se tenían 141 residencias de obra y 23 subresidencias.

Por ello, fue conveniente diseñar la metodología para seleccionar los centros foráneos por supervisar.

XII.6.1 Cantidad de centros foráneos de trabajo

Centros foráneos de trabajo		
Estado	Residencias	Subresidencias
Guerrero	10	—
Oaxaca	9	4
Hidalgo	8	—
Zacatecas	8	1
Sinaloa	7	1
Chiapas	7	—
Suma	41	6

Centros foráneos de trabajo		
Estado	Residencias	Subresidencias
Jalisco	6	—
Michoacán	6	3
Puebla	6	—
México	6	2
Sonora	6	—
Durango	6	4
Chihuahua	5	—
San Luis Potosí	5	—
Veracruz	5	—
Guanajuato	5	—
Suma	56	9

Centros foráneos de trabajo		
Estado	Residencias	Subresidencias
Yucatán	4	—
Tabasco	4	1
Tamaulipas	4	—
Coahuila	3	6
Querétaro	3	—
Nayarit	3	—
Baja California	3	—
Baja Cal Sur	3	—
Colima	3	—
Suma	30	7

Centros foráneos de trabajo		
Estado	Residencias	Subresidencias
Nuevo León	3	1
Tlaxcala	3	—
Aguascalientes	2	—
Campeche	2	—
Morelos	2	—
Quintana Roo	2	—
Suma	14	1

XII.6.2 **Número de caminos y su longitud por centro foráneo de trabajo**

Otro aspecto influyente en la selección de centros foráneos por supervisar fue el número de caminos y su longitud, a cargo de cada residencia de obra.

Número de caminos y longitud total por estado		
Estado	Caminos	Longitud (km)
Guerrero	198	3 884
Jalisco	144	1 385
Oaxaca	142	2 404
Durango	124	2 133
Michoacán	120	558
Hidalgo	90	1 149
Coahuila	78	1 184
Zacatecas	76	1 488
Sinaloa	76	528
Chiapas	72	1 781
Chihuahua	72	979
Puebla	72	879
San Luis Potosí	72	636
Veracruz	72	1 031

Número de caminos y longitud total por estado		
Estado	Caminos	Longitud (km)
México	66	548
Nuevo León	58	585
Guanajuato	54	603
Querétaro	54	399
Tlaxcala	54	439
Yucatán	54	663

Número de caminos y longitud total por estado		
Estado	Caminos	Longitud (km)
Tabasco	40	384
Nayarit	36	680
Tamaulipas	36	592

Número de caminos y longitud total por estado		
Estado	Caminos	Longitud (km)
Aguascalientes	18	124
Baja California	18	206
Baja Cal Sur	18	220
Campeche	18	337
Colima	18	120
Morelos	18	58
Quintana Roo	18	297
Sonora	18	679

En total se tenían 2 004 caminos por recorrer en todo el país, lo cual representaba un promedio de 65 caminos por entidad federativa y 12 obras por centro foráneo de trabajo.

XII.6.3 **Cantidad de jornaleros por centro foráneo de trabajo**

Desde el punto de vista social el factor más importante por certificar se refería a la cantidad de jornaleros que participaba en la ejecución de los trabajos.

Entonces, la estadística de la cantidad de jornaleros fue preponderante para determinar si un centro de trabajo realizaba con eficiencia su función, convirtiéndose en uno de los principales indicadores para la elección de la residencia de obra por inspeccionar.

Para darse cuenta de la intensidad de los trabajos en caminos rurales, los cuadros que siguen muestran el máximo de gente que en 1972 colaboró en el programa de caminos de mano de obra.

Cantidad de jornaleros por estado	
Estado	Jornaleros
Guerrero	7 128
Jalisco	5 184
Oaxaca	5 112
Durango	4 464
Michoacán	4 320
Hidalgo	3 240

Cantidad de jornaleros por estado	
Estado	Jornaleros
Coahuila	2 808
Sinaloa	2 756
Zacatecas	2 736

Cantidad de jornaleros por estado	
Estado	Jornaleros
Veracruz	2 592
Chiapas	2 555
Chihuahua	2 406
Puebla	2 397
San Luis Potosí	2 376
México	2 336
Nuevo León	2 088

Cantidad de jornaleros por estado	
Estado	Jornaleros
Guanajuato	1 944
Querétaro	1 941
Yucatán	1 936
Tlaxcala	1 911
Tabasco	1 440
Nayarit	1 296
Tamaulipas	1 275

Cantidad de jornaleros por estado	
Estado	Jornaleros
Aguascalientes	748
Baja California	739
Baja California Sur	711
Campeche	690
Colima	677
Morelos	653
Quintana Roo	644
Sonora	638

Los 71 741 jornaleros que participaron en el programa de caminos de mano de obra en 1972 representan un promedio por estado de 2 314 personas y 437 jornaleros por residencia o subresidencia.

XII.6.4 **Indicadores adicionales para la elección del centro de trabajo por supervisar**

Además de los indicadores mencionados anteriormente de cantidad de caminos, de centros foráneos de trabajo y de jornaleros, se tomaron en cuenta otros como los siguientes:

- Superficie del estado.
- Longitud de caminos por centro de trabajo.
- Longitud promedio por camino.
- Asignación anual por entidad federativa.
- Asignación por residencia de obra.

Los avances físicos y de erogaciones que mensualmente se enviaban a las oficinas centralizadas completaban el panorama para designar el lugar al que debían acudir los supervisores para cumplir su función.

XII.7 **CONTROL DE CALIDAD**

En cuanto al control de calidad en la ejecución de los trabajos para la construcción de caminos rurales, en el capítulo IX "Calidad" de este libro se narra la forma en que se realizaba esta labor.

En el mismo se presentan ejemplos de los tramos de prueba que se pusieron en operación en aras de efectuar la ejecución de la obra de acuerdo con la normativa de calidad en vigor.

En palabras del licenciado Horacio Flores Peña: "Las labores de control y supervisión se enfrentan siempre a fuerte oposición, por parte de los eficientes y honestos porque las consideran innecesarias, inhibitorias o degradantes; por parte de los ineficientes porque no se preocupan de su utilidad y de los deshonestos porque les estorban".

Bibliografía

Centro SCT Michoacán, "Calificación del estado físico de caminos rurales. Ejemplo numérico del camino Santa María-Jesús del Monte". Morelia, Mich., 1990.

Instructivo de supervisión. México, SCT, Programa de empleo temporal, 2007. *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas*, en Diario Oficial de la Federación. Julio, 2005.

Normas de supervisión para la construcción de caminos rurales. México, SCT, 1986.

Reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, en Diario Oficial de la Federación. Noviembre, 2006.

Salas Rico, Raúl, "Cartilla de mantenimiento para caminos rurales" 1978 y "Cartlla para la conservación de caminos rurales con participación de la comunidad", 1984.

Salas Rico, Raúl, "Supervisión de caminos rurales". México, 1978.

Fortalezas y ***Debilidades***

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS CAMINOS RURALES Y ALIMENTADORES EN MÉXICO

Fortalezas y debilidades

La cobertura de la red rural se consideró satisfactoria en la década de 1980, puesto que se había dotado a los poblados de 200 a 2 500 habitantes de una vía de infraestructura conveniente para el tránsito usuario de esos caminos y en función del número de habitantes de cada poblado beneficiado con la comunicación.

Sin embargo, el INEGI señala que para el 2005 las comunidades de menos de 50 habitantes se han incrementado considerablemente, lo que significa que se tendrá que aplicar la debida reingeniería en la planeación de futuros programas de construcción, aún cuando no se podrá satisfacer la demanda de caminos a todas ellas.

En lo que respecta a la reconstrucción de los caminos rurales existentes, las condiciones físicas de los mismos llevarán a la atención de esa etapa para evitar que se deterioren al grado que no cumplan con el criterio de permitir la transitabilidad en toda época del año. Esa reconstrucción tendrá que hacerse para recuperar las características originales de cada camino. Es claro que podrán modernizarse algunos aspectos, como las curvaturas, las pendientes, el tratamiento necesario a los materiales así como incrementar el ancho de la corona, siempre en función de la cantidad esperada de vehículos usuarios.

Por lo que se refiere a la conservación rutinaria y periódica, el esquema del programa de empleo temporal parece ser el atinado, siempre y cuando se incremente la longitud de la red atendida con esas actividades no únicamente por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sino por las entidades viales estatales. Desde el punto de vista social, el destino de 80% de los recursos financieros para cubrir las remuneraciones de los jornaleros siempre será apoyado por la sociedad, pero debería estudiarse la posibilidad de cambiar los empleos estacionales que se crean actualmente mediante ese sistema, por empleos permanentes vía microempresas. Para ello convendría que a través de una atinada promoción se sembrara la semilla del "emprendedor" en los comités de beneficiarios.

El criterio de repartir el presupuesto autorizado para el programa de caminos rurales con base en el costo por kilómetro de construcción, reconstrucción o conservación es adecuado para otorgar de una manera rápida el monto total de los recursos asignados a una entidad federativa. No obstante, hacia el interior de la misma, se debe dar toda la libertad al personal técnico para que, con base en el conocimiento de la ruta donde se alojará el nuevo camino, si tal es el caso, o en las condiciones físicas del camino existente, elabore el presupuesto unitario real que permita dar solución desde el punto de vista técnico, a los requerimientos de cada camino. Porque si los recursos se aplican con aproximación al peso según el costo por kilómetro se corre el riesgo de que se gaste de más en obras innecesarias o que se dejen de construir las que verdaderamente se requieran para proporcionar el servicio esperado de este tipo de caminos. También, se corre el riesgo de que la modorra se apodere o incremente en el personal a cargo de la construcción o conservación de los caminos, si como lo afirma la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco en una de sus evaluaciones del programa de empleo temporal, el "personal realiza sus actividades por inercia".

El autor considera que el personal técnico que participe en programas denominados de índole so-

cial, además de poseer los conocimientos técnicos y administrativos adecuados "debe tener una gran dosis de creatividad y sensibilidad social" para involucrarse en el cumplimiento de los criterios primarios de los programas de mejoramiento de brechas y caminos de mano de obra, en el sentido de utilizar en forma prioritaria los recursos más abundantes en la zona de influencia donde se ubican estas vías de comunicación.

La organización de las comunidades está arraigada en la población del medio rural, por lo que no representa ningún problema de gestión para el personal a cargo de la ejecución de las obras. Sin embargo, es recomendable continuar con la práctica promocional de acudir a los poblados beneficiados para efectuar la evaluación de los objetivos del programa de caminos rurales, puesto que esta actividad no se debe realizar desde el gabinete. Lo anterior puede seguirse haciendo a través de entidades externas a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para asegurar los buenos resultados.

Por su parte, el proyecto para la construcción y reconstrucción de este tipo de caminos deberá ser de tipo ejecutivo; es decir, considerará los estudios geotécnicos y de impacto ambiental necesarios, sin que lo anterior propicie el proyecto de "carreteritas". El tipo de vía que corresponde a los caminos rurales es el "E", de acuerdo al tránsito promedio diario anual. Los proyectos de puentes rurales serán tan completos como los de cualquier otro tipo de carreteras.

Este tipo de vías de comunicación cuenta con una normativa extensa que permite realizar los trabajos sin dificultades técnicas. Sin embargo, se considera indispensable la actualización de publicaciones que ilustren a las nuevas generaciones de técnicos e ingenieros acerca de los procedimientos que con una tecnología apropiada se han realizado en el país, a fin de despertar en ellos la creatividad para buscar el arreglo de los problemas que se presenten en la construcción y en el mantenimiento de los caminos rurales.

El uso de la piedra para el empedrado de superficies de rodamiento, la adaptación de herramientas y equipos que permitan efectuar los procedimientos con una eficiencia mayor, el mejoramiento de la calidad de los materiales para terracerías y revestimientos, así como su compactación, puede ser la solución ideal que permita obtener la vida útil esperada en los caminos rurales.

No deberá obviarse la atinada supervisión de los trabajos que se ejecuten con jornaleros o por conducto de empresas constructoras, puesto que esta etapa de la administración está obligada a hacerlo conforme a los ordenamientos legales esenciales de las obras públicas y servicios relacionados con las mismas. Su importancia es significativa porque a través de la misma se exigirá y obtendrá la calidad requerida en los caminos rurales.

Agradecimientos

Agradecemos a la ingeniera Beatriz Rosas García
y al arquitecto Luis Felipe Palacios Altamirano
por la recopilación de información para la edición de

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS **CAMINOS RURALES** Y **ALIMENTADORES** EN MÉXICO

publicación de la AMIVTAC conmemorativa del XXIV Congreso Mundial de Carreteras.

XIX Mesa Directiva AMIVTAC (2011-2013)

Presidente	Ing. Clemente Poon Hung
Vicepresidentes	Ing. Manuel Ortiz García Ing. Salvador Fernández Ayala Ing. Amado de Jesús Athié Rubio
Secretario	Ing. Carlos Domínguez Suárez
Prosecretario	Ing. Aarón Ángel Aburto Aguilar
Tesorero	Ing. Luis Rojas Nieto
Subtesorero	Ing. Bernardo José Ortiz Mantilla
Vocales	Ing. Óscar Ringenbach Sanabria Ing. Víctor Alberto Sotelo Cornejo Ing. Héctor Manuel Bonilla Cuevas Ing. Jesús Felipe Verdugo López Ing. Víctor A. Gómez Cruz Ing. Jorge Alfredo Delgado Ramírez Ing. Jesús Sánchez Argüelles Ing. Fernando Paredes Zavala Ing. Edgar Tungüi Rodríguez
Gerente Técnico	Dr. Rafael Morales y Monroy
Gerente de Administración	Sr. Miguel Sánchez Contreras

EVOLUCIÓN HISTÓRICA
DE LOS **CAMINOS RURALES** Y
ALIMENTADORES EN MÉXICO

El diseño, la edición y formación
electrónica así como la impresión y
encuadernación, estuvieron a cargo de
Gráfica, Creatividad y Diseño, S. A. de C. V.
Esta obra se terminó de imprimir en
septiembre de 2011
El tiraje consta de 1000 ejemplares